

## Опыт создания робототехнического комплекса в производстве пиротехнических элементов

О.Г. Тюрин (ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова),  
О.А. Корнелюк, Д.Ю. Незнахин, А.А.Бобровский (ООО фирма «Пластик Энтэрпрайз»)  
В.В. Акулин, К.А. Палочкин (ФГУП «ФЦДТ «Союз»)

*Сформулированы сложности, с которыми сталкивается существующее производство пиротехнических элементов. Для устранения указанных недостатков разработан робототехнический комплекс, предназначенный для контроля скорости выхода шнура и регулирования длины пиротехнических изделий при их резке, получаемых методом непрерывного проходного прессования без присутствия персонала, а также для их автоматической сортировки. Приведена архитектура решения и основная функциональность.*

*Ключевые слова: робототехнический комплекс, система технического зрения, установка выгрузки, рассеивающая машина, разбраковка изделий.*

Основными критериями и задачами модернизации серийного производства продукции специального и гражданского назначения является обеспечение безопасности технологических процессов, высокого качества и низкой себестоимости выпускаемой продукции. Данные критерии и задачи напрямую зависят от уровня механизации и автоматизации технологических процессов, позволяющих сократить число ручных операций, вывести персонал из опасных зон и сократить объемы брака за счет гибкого контроля и регулирования технологических параметров процессов.

Данные задачи особенно актуальны при производстве малогабаритных пиротехнических элементов методом проходного прессования. Пиротехнические элементы представляют собой цилиндры с наружным диаметром и длиной 5/5...50/50 мм, они изготавливаются из специальных высоконаполненных пожароопасных композиций. Основным показателем качества данной продукции является обеспечение заданных массогабаритных характеристик. Пиротехнические элементы из-за своей пожароопасности не подвергаются механической обработке после остывания, поэтому диаметр и длина их должна быть обеспечены в процессе изготовления. Дополнительно необходимо отметить, что разбраковка и сортировка данных элементов является опасной операцией и характеризуется высокой трудоемкостью.

В настоящее время технология проходного прессования оснащена морально и физически устаревшими техническими средствами резки изготавливаемого шнура. Это лепестковые вращающиеся ножи (нож гранул) для размеров 5/5...10/10 мм, девятипозиционный ручной горизонтальный гильотинный пневмонож для размеров 15/15...35/35 мм и вертикальный гильотинный пневмонож для размеров >50/50 мм. Технические средства контроля скорости выхода шнуров диаметром 5, 7, 10 мм, которые формуруются многоручьевыми матрицами формующего пресса 48, 36 и 16 ручьев соответственно, не применяются. Для больших диаметров шнуров применяются концевые выключатели и разработанные в 80-е годы XX века

ролики измерения скорости выхода изделий, характеризующиеся низкой точностью и надежностью, что в совокупности с инерционностью устаревшей АСУТП делает задачу получения пиротехнических элементов с малым разбросом по длине практически недостижимой.

Робототехнический комплекс, описанный в настоящей статье, был разработан сотрудниками ООО фирмы «Пластик Энтэрпрайз» и ФГУП «ФЦДТ «Союз» для устранения вышеуказанных недостатков и предназначен для контроля скорости выхода шнура и регулирования длины пиротехнических изделий при их резке, получаемых методом непрерывного проходного прессования без присутствия персонала, а также для их автоматической сортировки.

Основными задачами комплекса является:

- резка, разбраковка, укладка в транспортные ящики и вывоз за пределы кабины пирозаготовок при производительности линии в диапазоне 50...120 кг/ч;
- автоматическая разбраковка всех типоразмеров пирозаготовок в потоке;
- автоматизация процесса выгрузки на базе программно-технического комплекса (ПТК) с возможностью подключения к существующей АСУТП.

Все пирозаготовки и изделия в соответствии с применяемым типом подсистемы измерения и сортировки условно разделены на три группы: группа 1 — диаметр 50 мм; группа 2 — диаметр 15, 20, 35 мм; группа 3 — диаметр 5, 7, 10 мм.

Далее будут рассмотрены принципы измерения для каждой группы в отдельности.

### Группа 1. Диаметр изделия 50 мм

Для изделий диаметром 50 мм основным устройством, позволяющим осуществлять измерение и регулирование длины, является оптический бесконтактный датчик длины и скорости выхода VLM-500A. Бесконтактный высокоточный измеритель VLM-500A предназначен для измерения с точностью до 0,05% длины и скорости различных непрерывно движущихся материалов. Независимо от материала датчик VLM-500A измеряет бесконтактным способом длину и скорость и благодаря

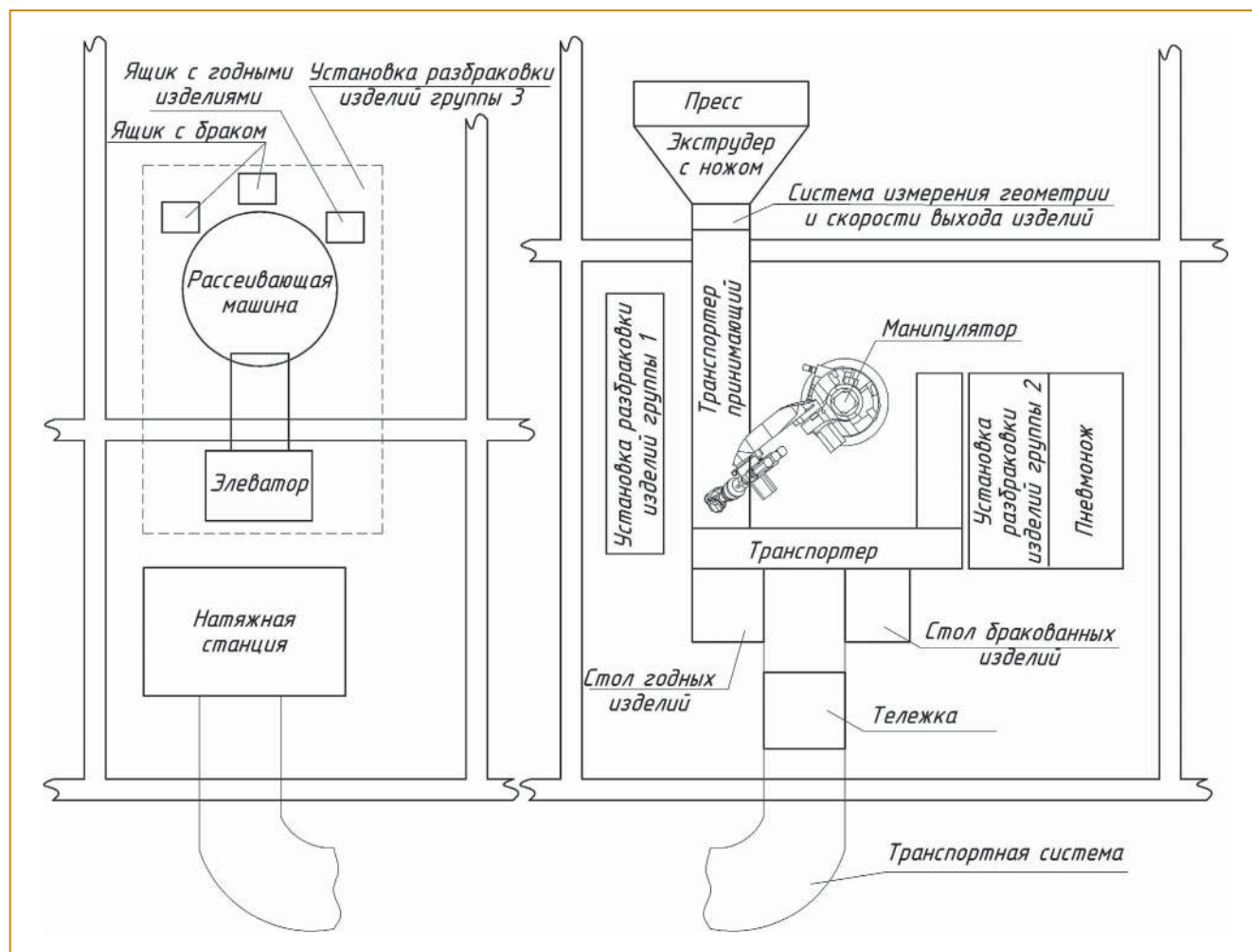


Рис. 1. Структура робототехнического комплекса

интерфейсам легко интегрируется в систему управления комплексом. При измерении отсутствует контакт, проскальзывание и износ поверхностей, обеспечивается высокая точность, надежность. Источник белого света, светодиод (LED) посредством первого объектива создает на поверхности измеряемого материала световое пятно, изображение которого на уровне кристаллической решетки через второй объектив считывается фотодиодной матрицей высокого разрешения. Изображение анализируется быстродействующим мощным процессором, который по последовательности смены изображений рассчитывает скорость материала.

Одним из основных критериев выбора датчика скорости VLM-500A является его возможность работать со скоростью движения материала от 0,01 м/с, что является обязательным условием для работы с установкой выгрузки. Кроме вышесказанного, VLM-500A помог решить проблему неравномерности движения с помощью специализированного программного обеспечения, позволяющего автоматически вычислять длину изделия от произвольно заданного момента времени (события). По показаниям датчика скорости выдается сигнал на отрезной нож, после чего изделия по конвейерной системе передаются на систему измерения и сортировки изделий.

Система имеет следующую структуру и включает в свой состав: манипулятор, транспортную систему, транспортер принимающий, транспортер сортировки, установку разбраковки изделий. На рис. 1 представлена структура комплекса.

В зависимости от группы типоразмера производимого изделия в процессе участвуют определенные модули оборудования. В частности, при изготовлении изделий первой группы установка разбраковки изделий группы 1 (рис. 1) устанавливается на принимающий транспортер.

Установка разбраковки изделий группы 1 представляет собой ручьевые секции с оптическим аналоговым датчиком OptexFa CD33-250PA и с оптическим дискретным датчиком OptexFa Z3D-L09P, определяющими длину изделий с необходимой точностью. Схема работы устройства отбраковки приведена на рис. 2. Изделия, удовлетворяющие требованиям технического регламента, с помощью пневмоцилиндра перемещаются в ручей с годной продукцией, остальные в ручей с браком. Манипулятор с помощью механического захвата забирает изделия и укладывает в соответствующие ящики.

В качестве манипулятора выступает шестиосевой промышленный робот Kuka KR 16/2 с максимальной

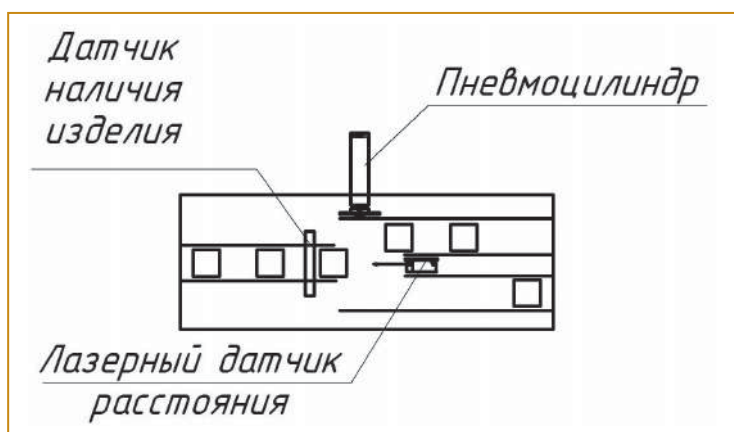


Рис. 2. Схема разбраковки изделий группы 1

полезной нагрузкой 16 кг и досягаемостью 1610 мм. Манипулятор участвует в работе при сортировке и укладывании изделий группы 1 и группы 2.

Транспортная система состоит из натяжной станции, тележки, стола годных изделий, стола бракованных изделий. Столы годных и бракованных изделий включают в свой состав весы Тензо-М ВПА-50 В-1 во взрывозащищенном исполнении. На столах устанавливаются ящики, степень их наполнения изделиями контролируется по показаниям весов. При достижении предельно установленного веса заполненный ящик с помощью системы пневмоцилиндров перемещается на тележку, а его место на весах занимает пустой ящик, доставляемый в кабину также при помощи тележки. Тележка, приводимая в движение с помощью натяжной станции, вывозит заполненный ящик за пределы опасной зоны. Оператор забирает ящик с готовыми изделиями, устанавливает на тележку пустой, нажимает кнопку подтверждения, после чего тележка завозит ящик обратно в кабину. При передвижении тележки осуществляется оповещение оператора и рабочих с помощью световой сигнализации.

### Группа 2. Диаметр изделия 15, 20, 35 мм

Изделия группы 2 могут поступать из пресса одновременно в виде потоков, состоящих из трех или шести шнуров. По сигналу от датчика измерения длины и скорости VLM-500A изделия нарезаются длиной по 300...400 мм и далее при помощи манипулятора специальными вакуумными захватами передаются в девятипозиционный нож оригинальной конструкции, где из каждого отрезка получают 8...20 пирозлементов. Девятипозиционный нож состоит из трех секций. Каждая секция предназначена для одновременной нарезки трех потоков изделий.

Установка разбраковки изделий группы 2 входит в состав девятипозиционного ножа. На выходе каждой секции установлены датчики OptexFa Z3D-L09 для контроля длины изделий. В зависимости от результатов измерений изделия по транспортеру сортировки направляются в соответствующие ящики готовой продукции или брака. При

помощи встроенных сервоприводов осуществляется автоматическая корректировка длины изделия путем изменения положения опорного стола.

### Группа 3. Диаметр изделия 5, 7, 10 мм

Изделия группы 3 сразу после выхода из пресса срезаются дисковым вращающимся ножом (ножом гранул) с регулируемой скоростью вращения. Соответственно при уменьшении скорости вращения ножа длина изделий увеличивается и наоборот. Система измерения длины изделия реализована на базе камеры технического зрения Cognex In-Sight 2000-23M, представляющей собой видеодатчик с высокоскоростной системой технического зрения In Sight. Камера производит съемку со скоростью 40 кадров в секунду, при этом производится обработка каждого кадра с помощью встроенных измерительных инструментов. На кадре отображается изделие в момент выхода его из экструдера. При обработке кадра происходит замер длины изделия. Когда изделие отрезается ножом и падает на транспортер, камера фиксирует отсутствие изделия на очередном кадре и принимает последнее измеренное значение за фактическую длину изделия. На следующем кадре камера снова захватывает изделие, которое только начинает выходить из экструдера, и замер начинается снова.

В зависимости от длины изделий формируются данные для корректировки частоты вращения ножа.

Срезанные изделия по системе транспортеров передаются в ящик, установленный на весах транспортной системы. После заполнения ящика (определяется по весу) поток изделий переключается в накопительный бункер, а ящик с изделиями транспортируется к установке разбраковки. При помощи системы пневмоцилиндров на место заполненного ящика перемещается пустой.

Установка разбраковки группы 3 включает в себя, элеватор, рассеивающую машину с модернизированными ситами, подходящими под типоразмер группы 3, трое весов Тензо-М ВПА-50 В-1 во взрывозащищенном исполнении. Ящик с изделиями с помощью специального устройства пересыпается в накопительный бункер элеватора, который порциями сыплет в рассеивающую машину изделия. Рассеивающая машина конструктивно состоит из трех уровней. На первом (верхнем) уровне после просеивания уходят в брак слишком крупные изделия и сыпаются в ящик с браком, на втором (среднем) уровне после просеивания уходят годные изделия и сыпаются в ящик с годными изделиями, на третьем (нижнем) уровне уходят мелкие бракованные изделия. Каждый ящик установлен на весах. При заполнении одного из ящиков процесс сортировки останавливается и оператору подается сигнал о необходимости вручную сменить ящик.

### Автоматизированная система управления

Для управления работой установки выгрузки разрабатан ПТК, объединяющий все технологические операции. ПТК позволяет в автоматическом режиме отслеживать параметры, влияющие на качество изготовления изделий и безопасность технологического процесса. Система управления, кроме контроля параметров, в автоматическом режиме без участия оператора самостоятельно адаптируется к установившейся производительности процесса изготовления топливного шнура. А при изменении производительности в пределах 50...120 кг/ч плавно регулирует работу всех механизмов по показаниям контрольно-измерительных устройств, не допуская выхода работы системы за пределы заданных значений и образования аварийных ситуаций. В случае отказа какой-либо составной части система осуществляет полную остановку работы механизмов и разгружает технологическое оборудование в специально предусмотренные буферные приемники.

ПТК реализован на базе промышленного контроллера Schneider Electric M580 и позволяет осуществлять связь с существующей АСУТП, отвечающей за управление процессом переработки в целом. Для настройки и управления системой измерения изделий ПТК обо-

рудован промышленной панелью оператора Magelis HMIGTO 5310 фирмы Schneider Electric.

### Заключение

Проведенная модернизация технологического процесса концевых операций при изготовлении фейерверочных пирозлементов позволила организовать безопасные условия труда, повысить информативность, производительность и существенно уменьшить объем брака. В результате выполненной работы была значительно снижена трудоемкость операций разбраковки и сортировки пирозлементов.

Разработанный комплекс имеет возможность перенастройки и корректировки данных во время процесса. Данный комплекс позволяет исключить присутствие человека в опасных зонах при выполнении технологических операций.

### Список литературы

1. Тюрин О.Г., Жегров Е.Ф., Кальницкий В.С. Управление потенциально опасными технологиями. М.: Инфа-инженерия. 2011.
2. Жегров Е.Ф., Милехин Ю.М., Берковская Е.В. Химия и технология баллистических порохов, твердых ракетных и специальных топлив. Монография в 2 т. ФГУП «ФЦДТ «Союз». М.: РИЦ МГУП им. И. Федорова. 2011.

*Тюрин Олег Георгиевич – д-р техн. наук, проф. кафедры МиГПА ЮРГПУ (НПИ) им. М. И. Платова,  
Корнелюк Олег Александрович – главный инженер,  
Незнахин Денис Юрьевич – начальник сектора ООО фирма «Пластик Энтерпрайз»,  
Бобровский Артем Андреевич – аспирант кафедры МиГПА ЮРГПУ (НПИ) им. М. И. Платова,  
Акулин Виктор Викторович – начальник сектора,  
Палочкин Константин Андреевич – начальник группы ФГУП «ФЦДТ «Союз».  
Контактный телефон 8-(8635) 22-41-50.*

### ESAB И КРАНЭКС: эффективная резка для лидера машиностроения

Компания ESAB объявила о завершении проекта по поставке умного цеха резки на завод ОАО "МК КРАНЭКС" (г. Иваново). Сегодня ОАО "МК КРАНЭКС" является одним из крупнейших предприятий России по производству экскаваторов, запасных частей и комплектующих изделий, а также навесного оборудования.

Масштабный проект, начатый компанией ОАО "МК КРАНЭКС" в связи с необходимостью в обновлении станочного парка и повышении качества процессов резки, завершился успешным внедрением в мае 2020 г. комплекса передовых решений ESAB в этой области. Ввод поставленного оборудования в эксплуатацию будет осуществлен в конце мая.

Основной умного цеха резки ESAB стала комбинированная портальная машина термической резки металла с числовым программным обеспечением ESAB SUPRAREX 8000, которая вместе с комплектом программных on-line инструментов умного производства призвана обеспечить предприятию управляемую и эффективную систему, способную выполнять больше заказов, удерживая производительность на доступном максимуме.

Машина SUPRAREX 8000 предназначена для резки листов из низкоуглеродистой стали при помощи двух плазматронов и двух газокислородных резаков. Ожидается, что данная комплектация за счет возможности обработки стальных листов толщиной 5...200 мм одновременно двумя инструментами позволит повысить производительность цеха резки более чем в два раза.

В ходе процесса подготовки к реализации проекта были проведены испытания в области резки деталей на данной машине в технологическом центре ESAB в г. Красногорске, а также произведен анализ стоимости одного метра реза для различных толщин (при плазменной и газовой резке), рассчитаны затраты на электричество, расход газов и расходные детали.

Помимо машины резки на завод было поставлено самое современное ПО ESAB Columbus III и CutCloud, что в совокупности с уже имеющимися на предприятии ПО позволит специалистам создавать чертежи будущих деталей, обрабатывать их и переносить с персонального компьютера на машину резки SUPRAREX 8000 по сети. Также при помощи инструментов умного производства ProductionData и CutCloud работники предприятия смогут быстро получать обратную связь от машины и передавать ее в отдел технологов и проектировщиков, которые, в свою очередь, в режиме on-line смогут анализировать какие детали были изготовлены, сколько проработала машина в течение суток и на каких режимах.

В состав поставки вошла фильтровентиляционная установка (ФВУ) для обеспечения отвода дымов. ФВУ способствует созданию благоприятных условий в цеху в процессе резки для операторов машины и для персонала, а также позволяет экономить затраты на энергоресурсы зимой, так как очищенный воздух выбрасывается непосредственно в атмосферу цеха, и нет необходимости дополнительно подавать и подогревать воздух с улицы.

<http://timchenko.pro>