

УДК 65.011.56

Проектирование транспортного устройства для автоматизации производства импульсной трубки

Игнатова София Никитична

Ермолова Мария Алексеевна (научный руководитель)

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Рассмотрена задача автоматизации производства медной импульсной трубки для автоматического балансировочного клапана. Представлен анализ ручного производства изделия. Предложена концепция автоматизированной линии изготовления импульсной трубки. Подробно рассмотрено конструирование транспортного устройства с захватом. Приведена оценка производительности и стоимости автоматизации процесса выпуска импульсных трубок.

Ключевые слова: импульсная трубка, автоматизированная линия, захват, транспортное устройство

Введение. На предприятии «Ридан» налажено производство автоматических балансировочных клапанов. Импульсная трубка — одна из его составных частей. Она используется для поддержания постоянного перепада давления в системах отопления и представляет собой медную трубку диаметром 3 мм, навитую в пружину, с соединительными штуцерами на концах [1]. Изделие представлено на рис. 1. В виде пружины трубка становится компактной, что удобно при поставке. На объекте навитую трубку распускают до необходимой длины.



Рис. 1. Импульсная трубка

В среднем по плану завод производит около 9000 штук в месяц. Необходимо автоматизировать процесс изготовления импульсной трубки.

Исследование текущего технологического процесса изготовления импульсной трубки. На данный момент импульсную трубку производят в два этапа. Сначала осуществляется ручная намотка медной трубки из бухты в пружину с помощью сварочного позиционера, который вращает вал. Далее на каждый конец надеваются: штуцер, шайба и уплотнительное кольцо. После концы по очереди зажимаются в тисках, и с помощью ручного сверлильного станка происходит их развальцовка для фиксации шайбы. На данный момент при изготовлении импульсной трубки необходимо два человека. На одну трубку затрачивается 3–5 минут.

2. Схема автоматизированной линии изготовления импульсной трубки. Была предложена схема автоматизированной линии, представленная на рис. 2 [2].

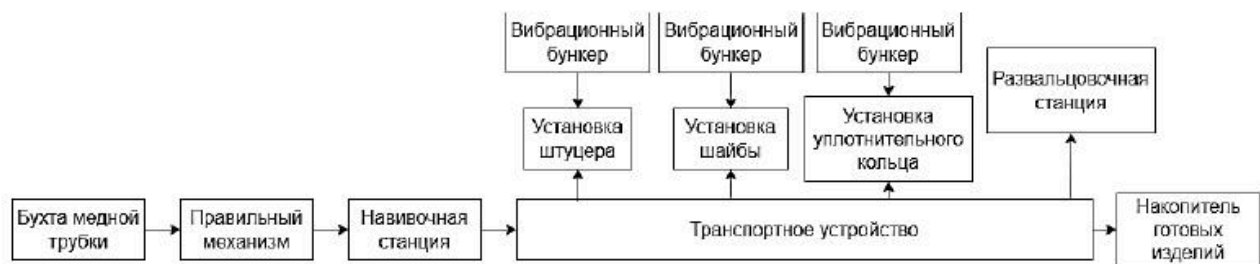


Рис. 2. Схема автоматизированной линии

Медная трубка подается из бухты, далее проходит через правый механизм для ее выпрямления и навивается с помощью навивочного штифта [3] в пружину, которая далее попадает в захват транспортного устройства. Захват последовательно подвозит навитую заготовку к станциям для установки штуцера, шайбы и уплотнительного кольца. Каждая из деталей подается через вибрационный бункер. В итоге заготовка подводится к станции развальцовки и сбрасывается в накопитель готовых изделий. Остановимся более подробно на проектировании транспортного устройства.

Проектирование транспортного устройства для автоматизированной линии. Транспортное устройство состоит из криволинейной направляющей в вертикальной плоскости. По ней движется каретка с захватом с помощью ременной передачи. Благодаря закольцованной траектории на устройство можно добавлять дополнительные каретки для увеличения производительности. Схема транспортного устройства представлена на рис. 3.

На первом вертикальном участке при движении каретки вверх происходит захват пружины. Так как после навивки у импульсной трубки концы расположены горизонтально, то при переходе каретки на горизонтальный участок направляющей концы трубки направляются вверх и готовы для установки необходимых деталей. На последнем вертикальном участке гото-

вое изделие сбрасывается в накопитель под действием силы тяжести после раскрытия захвата. На горизонтальном участке происходит остановка у четырех станций, на каждой происходит следующий порядок действий:

- захватное устройство поднимается вверх (происходит установка детали/развальцовка для первого конца трубки);
- захватное устройство опускается;
- захватное устройство поворачивается на 180° ;
- пункты 1–3 повторяются (происходит установка детали/развальцовка для второго конца трубки).

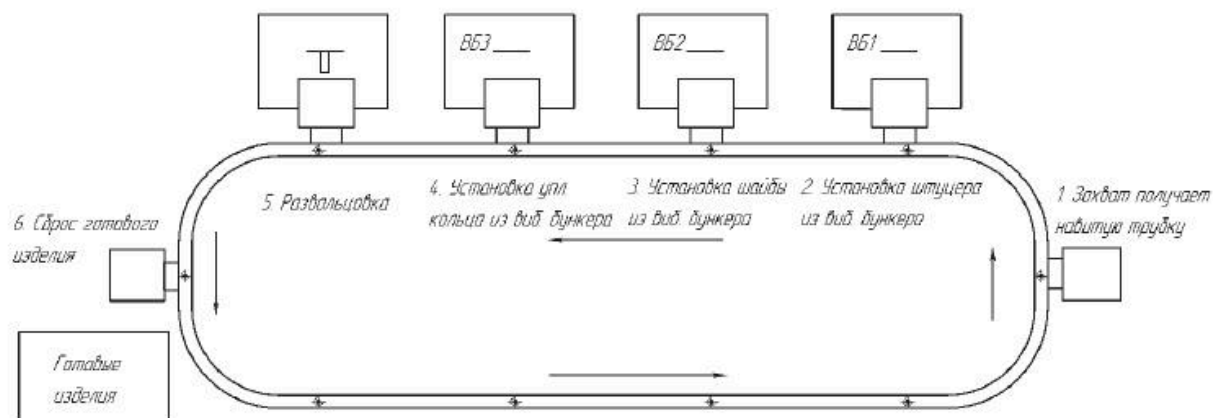


Рис. 3. Схема транспортного устройства

В итоге захватное устройство должно иметь возможность открываться/закрываться, поворачиваться на 180° и подниматься вверх на небольшое расстояние. Сам захват состоит из стационарной части, установленной вертикально, и подвижной части,двигающейся на 90° туда-обратно. С одной стороны, стационарная часть имеет подставку для принятия навитой заготовки в горизонтальном положении в глубину на $2/3$ ширины, чтобы не выпасть из него. С другой стороны, у стационарной части захвата меньше материала, чтобы готовое изделие могло легко выпасть в накопитель.

Сверху захвата выглядывают концы трубки настолько, насколько требуется для установки деталей. В качестве материала был выбран пластик из-за легкости. В итоге после построения 3D-модели была получена масса подвижной части захвата [4]. Для ее закрытия был выбран шаговый двигатель на основе расчета результирующего момента [5]. Двигатель должен преодолеть силу тяжести и момент инерции.

Для поворота на 180° также выбран шаговый двигатель. Так как двигатель стоит вертикально, то для удержания массы захвата предусмотрен шариковый радиально-упорный двухрядный подшипник, который может воспринимать и осевые и радиальные нагрузки, что необходимо, так как захват поворачивается в пространстве.

Для поднятия захвата вверх был выбран пневмоцилиндр двустороннего действия для контроля как скорости поднятия, так и опускания с фланцем и встроенными направляющими для удержания нагрузки.

Также были смоделированы кронштейны для закрепления всех элементов друг с другом. В итоге был построен сборочный чертеж захватного устройства, представленный на рис. 4.

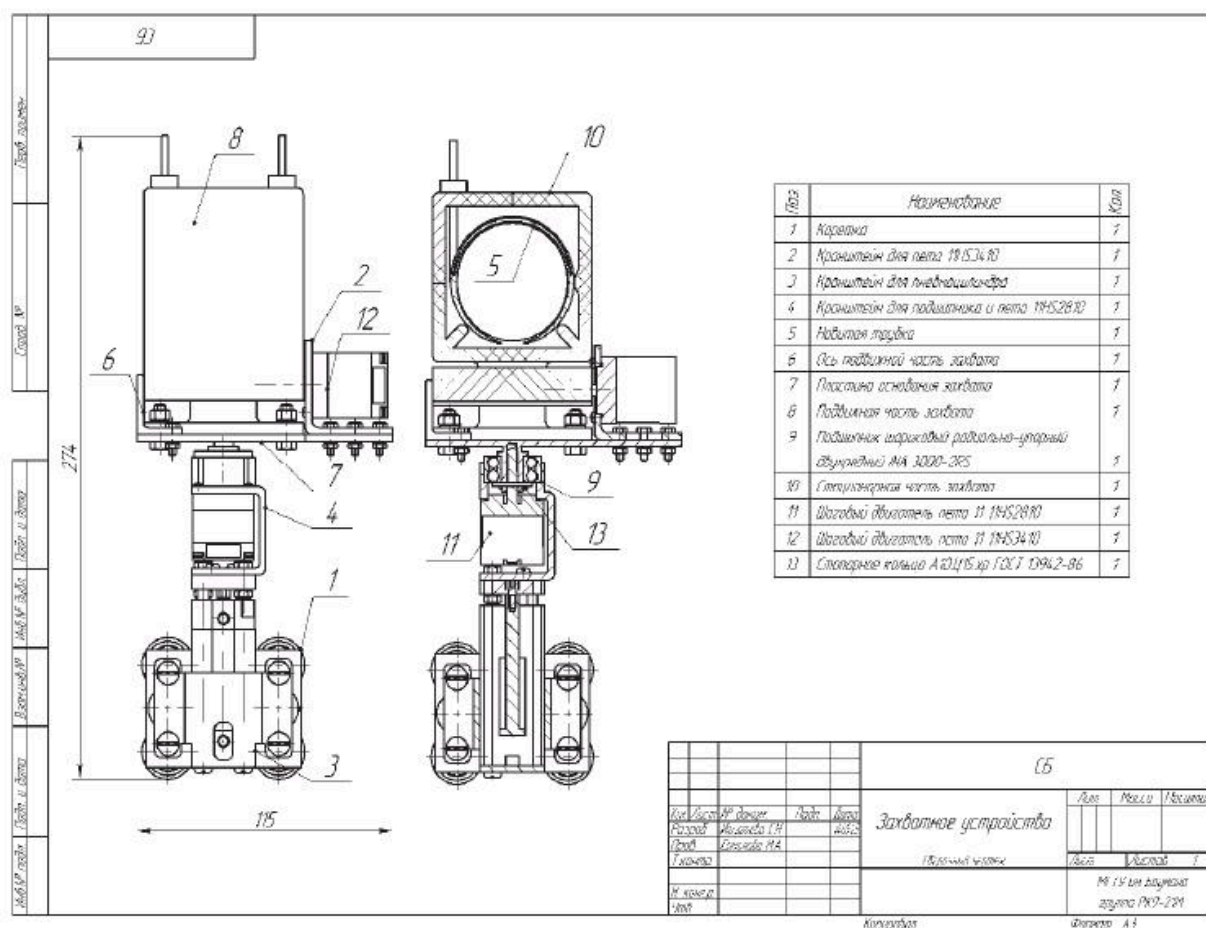


Рис. 4. Сборочный чертеж захватного устройства

Заключение. В итоге при использовании автоматизированной линии необходим один человек для ее обслуживания: загрузка заготовок и запуск. По предварительной оценке, время ее производства сократиться до менее одной минуты. Приблизительная стоимость транспортного устройства: около 300 тысяч рублей.

Литература

- [1] 1583527-Техническое описание АРТ-R3. URL: <https://ridan.ru/product/003Z5701R3> (дата обращения 29.06.2025).
- [2] Хомченко В. Г., Федотов А. В. Автоматизация технологических процессов и производств. Омск, Изд-во ОмГТУ, 2005, 488 с.

- [3] Лузгин Н.П. *Изготовление пружин*. Москва, Высшая школа, 1968, 200 с.
- [4] *Справочные материалы T-FLEX CAD*. URL: <https://tflexcad.ru/help/cad/17/index.html?printlayout.htm> (дата обращения 29.06.2025).
- [5] Маковкин Г.А., Сухов М.Ф. *Поперечные сечения стержневых элементов конструкций*. Нижний Новгород, Изд-во ННГАСУ, 2022, 43 с.

Design of a transport device for automation of pulse tube production

Ignatova Sofia Nikitichna

Ermolova Maria Alexeevna (*scientific advisor*)

BMSTU, Moscow, Russia

The paper considers the problem of automating the production of a copper pulse tube for an automatic balancing valve. An analysis of the manual production of the product is presented. The concept of an automated pulse tube manufacturing line is proposed. The construction of a transport device with a gripper is considered in detail. An assessment of the performance and cost of automating the process of producing pulse tubes is given.

Keywords: pulse tube, automated line, gripper, transport device