

УДК 621.7.06

*И. С. Аленченков*, аспирант;  
*А. Э. Пушкарев*, доктор технических наук, профессор  
Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ МЕХАНИЗМОВ РОТОРНОЙ ЛИНИИ

*Проанализированы существующие варианты исполнения структурных схем контрольных механизмов роторной линии. Предложен метод их синтеза. Рассмотрены перспективные кинематические схемы указанных механизмов.*

**Ключевые слова:** роторная линия, механизмы, структурный синтез

Установлено, что только в машиностроении не менее 25 % всей выпускаемой продукции может производиться на автоматических роторных и роторно-конвейерных линиях. Роторные линии в России и за рубежом используются в основном для производства штучных товаров пищевых производств, препаратов медицинской промышленности и других предметов массовых производств. Опыт последнего десятилетия показывает, что наиболее рациональным является применение роторных линий для изготовления малогабаритных изделий простейшей формы, когда инструменту достаточно сообщить простейшие движения или когда обработка осуществляется перемещением рабочей среды (нагрев, окраска, напыление и т. п.).

Контрольные механизмы, как материальный элемент, входящий в состав роторной линии, вносят значительный вклад в фактическую производительность роторной линии (до 10 %) и отвечают за 40 % внецикловых потерь времени [1]. Известны различные конструкции механизмов выборочного съема и контроля (рис. 1).

Каждый механизм обладает своими достоинствами и недостатками.

Съемник на рис. 1, *а* воздействует непосредственно давлением струи газа или жидкости на заготовку или через дополнительную деталь – толкатель. Для заготовок массой более 100 г использовать такие съемники становится нецелесообразно из-за значительного роста габаритов механизма. К тому же присутствие жидкости или газа в рабочей зоне роторной линии может быть нежелательно.

Съемник на рис. 1, *б* самый простой по конструкции, зачастую имеет одну деталь – упругий элемент, который, в свою очередь, является толкателем. Этот съемник взводится за счет подвижных элементов или механизмов линии. Такой механизм не может быть использован для заготовок массой более 1 кг, ответственных или хрупких деталей, так как невозможно исключить ударные нагрузки.

Фрикционный съемник (рис. 1, *в*) использует геометрические особенности заготовки. Передача и изменение направления движения осуществляется силами трения между заготовками и деталями съемного механизма. Использование такого механизма целесообразно в исключительных случаях, когда позволяет геометрия заготовки, контактная прочность и масса.

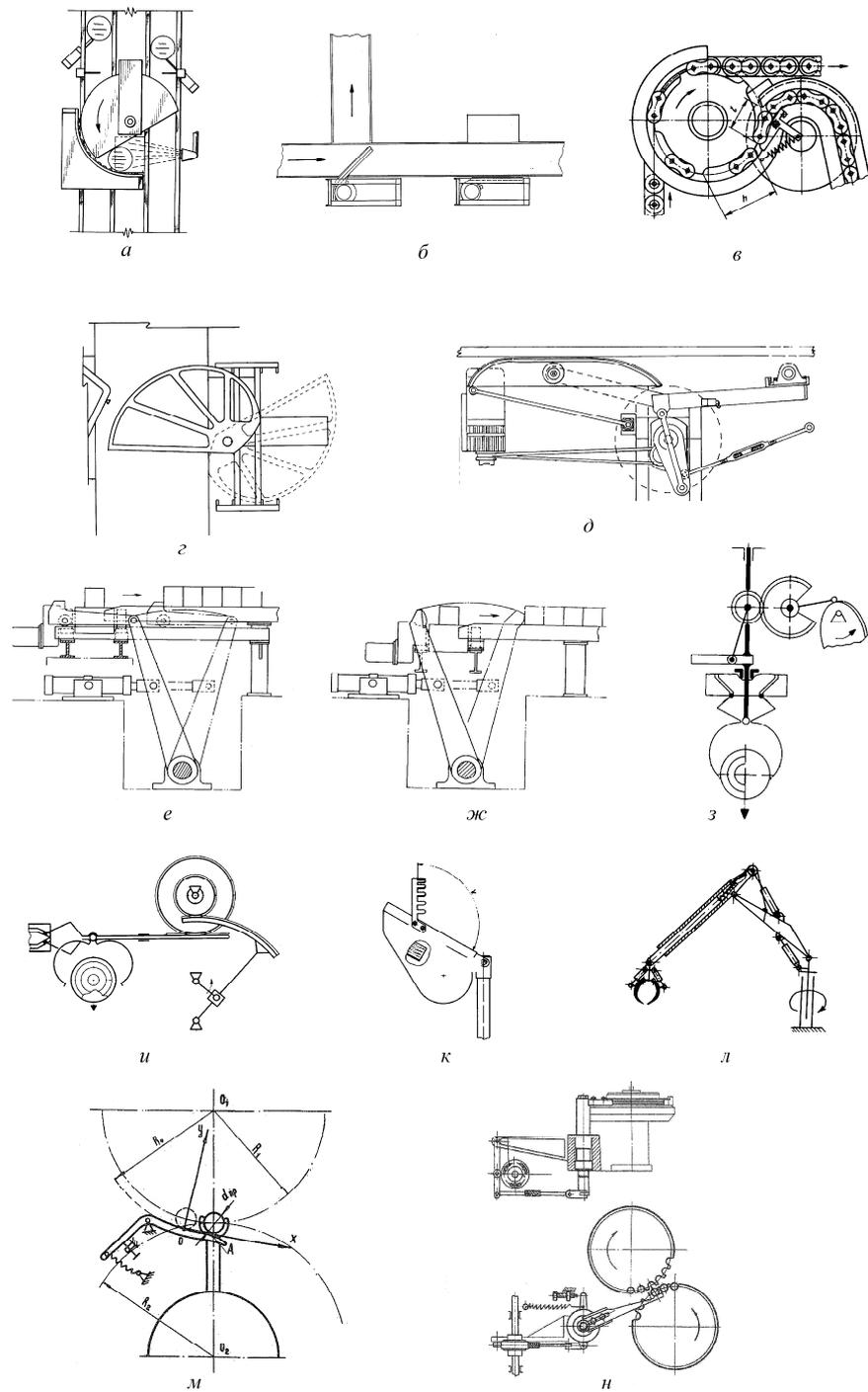


Рис. 1. Механизмы съема и контроля роторной линии

Съемники на рис. 1, *з* и *д* оснащены собственными электродвигателями. Первый из них осуществляет сьем за счет профиля кулачка, второй воздействует на заготовку толкателем. Механизм более сложен, обеспечивает плоскопараллельное движение, частично исключая ударные нагрузки.

Съемники (рис. 1, *е* и *ж*) в качестве привода используют пневмо- и гидроцилиндры. В варианте *ж* толкатель совершает только прямолинейное движение, таким образом частично исключается трение, связанное со скольжением толкателя относительно заготовки. Такие механизмы выгодно использовать в тех случаях, когда в роторной линии рабочие органы приводятся в движение гидро- и пневмоприводами, а рабочая жидкость или газ поступают от гидростанции или компрессора линии.

Различные манипуляторы (рис. 1, *з-л*) могут применяться в качестве съемников с роторных линий. Эти механизмы наиболее сложны и трудоемки, оснащены большим количеством приводов: пневмо-, гидро-, электро-, иногда и сервоприводами.

Ручной рычажный съемник на рис. 1, *м* имеет простую и надежную конструкцию. Профиль толкателя исключает ударные нагрузки, но нет возможности каким-либо образом сортировать заготовки, снятые с рабочего русла.

На рис. 1, *н* представлен кулачковый съемник, работающий от собственного привода (возможен привод от подвижных элементов роторной линии). Профиль кулачка позволяет избежать ударов, передающихся заготовке через толкатель.

Рассмотрев функционально-структурную модель роторной линии [1], можно наметить пути наиболее рационального синтеза съемных устройств. В частности, выбор съемника может идти по пути совмещения нескольких функций в одной структуре или даже исключения какой-то функции. Этому требованию в наибольшей мере отвечают электромагнитный или кулачковый съемники.

Выделим из структурно-функциональной модели роторной линии [1] все элементы, непосредственно или косвенно относящиеся к механизмам съема и контроля роторной линии. Таким образом, получим структурно-функциональную модель механизма съема, учитывающую особенности элементов и функций роторной линии, в которую он входит как структурный элемент роторной линии (рис. 2). Выбор структурной схемы съемного механизма ведется, в первую очередь, в соответствии с главными функциями, при этом необходимо учитывать функции второго уровня, а в некоторых случаях – функции третьего и следующего уровней. Метод структурного синтеза съемных механизмов заключается в следующем.

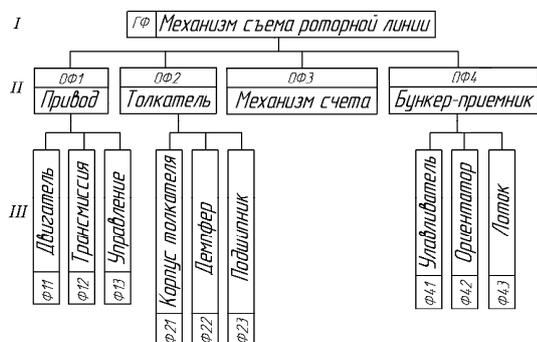


Рис. 2. Функционально-структурная модель съемного механизма роторной линии:  
 I, II, III – уровни модели; ГФ – главная функция; ОФ – основные функции; Ф – функции

Каждому материальному элементу и выполняемой им функции соответствует свой вклад (табл. 1). Так, вклад всего съемного механизма в выполнение главной функции ГФ определяется номинальной производительностью; вклад привода в выполнение основной функции ОФ1 определяется КПД; вклад толкателя (функция ОФ2) – сменой направления и величины скорости заготовки; вклад механизма счета (функция ОФ3) – вероятностью безотказной работы и т. д.

По заданной главной функции определяется структурная схема, имеющая лучшие коэффициенты. В структурной схеме съемных механизмов (рис. 1) предполагается наличие привода, толкателя, механизма счета, бункера приемника. Основное внимание при структурном синтезе уделено структурной схеме привода и толкателя, выполняющих основные функции ОФ1 и ОФ2, а также функции III уровня.

Таблица 1. Весовые коэффициенты

Функция	Материальный элемент	Вклад материального элемента в выполнение функции
ГФ	Механизм съема роторной линии	Номинальная производительность 1...200 шт/мин
ОФ1	Привод	Коэффициент полезного действия $\eta = 15...35\%$
ОФ2	Толкатель	Тангенс угла между векторами скорости заготовки до и после удара, $\operatorname{tg}\alpha$
ОФ3	Механизм счета	Вероятность безотказной работы $P = 0,999$
ОФ4	Бункер-приемник	Относительный полезный объем, $W_{\text{лотков}}/W_{\text{бункера}} = 1,5...5$
Ф11	Двигатель	Коэффициент полезного действия $\eta = 20...40\%$
Ф12	Трансмиссия	Коэффициент полезного действия $\eta = 80...95\%$
Ф13	Управление	Время срабатывания двигателя ко времени цикла, $k = 0,1...10$
Ф21	Корпус толкателя	Запас прочности $n = 1...2$
Ф22	Демпфер	Коэффициент поглощения энергии, $E_{\text{п}}/E = 0,1...0,8$
Ф23	Подшипник	Коэффициент трения, $f = 0,05...0,5$
Ф41	Улавливатель	Тангенс угла между векторами скорости заготовки до и после удара, $\operatorname{tg}\alpha$
Ф42	Ориентатор	Отношение средней скорости в ориентаторе к скорости движения заготовки по лотку $V_{\text{ор}}/V_{\text{л}} = 0,5...0,9$
Ф43	Лоток	Отношение площади проходного отверстия к площади заготовки $S_{\text{пр.отв}}/S_{\text{заг}} = 1,2...2$

Реализацию методики синтеза покажем на примере съемного устройства роторной линии.

Из предварительного рассмотрения функционально-структурной модели [1] следует, что наиболее перспективными структурными схемами в этом случае являются схемы съемных устройств с элементами, исключаящими ударные нагрузки и имеющими конструктивную возможность сортировки и установления номера инструментального блока, на котором производилась обработка заготовки. При всех этих условиях привод съемника должен обеспечивать своевременное срабатывание и возврат толкателя в исходное положение. В табл. 2 проведено сравнение некоторых схем, синтезированных для решения вышеуказанных задач и подробно рассмотренных в работе [2].

Таблица 2. Сравнение синтезированных структурных схем съемных механизмов роторной линии

№ п/п	Вариант структурной схемы съемных механизмов роторной линии	Вклад материального элемента в выполнение функции, %								
		ОФ1	ОФ2	ОФ3	ОФ4	Ф11	Ф12	Ф13	Ф22	Ф23
1	Ручной рычажный механизм выборочного съема, толкатель в виде улавливателя, съем вдоль русла	–	90	–	–	–	–	–	60	100
2	Ручной рычажный механизм выборочного съема, рабочая поверхность толкателя выполнена в виде синусоиды	–	100	–	–	–	–	–	95	90
3	Кулачковый механизм съема, электродвигатель, зубчатый привод, толкатель связан с кулачком	50	100	–	100	85	90	100	95	90
4	Кулачковый механизм съема, сложный толкатель с демпфером и подшипником	45	100	–	100	85	85	100	95	100
5	Рычажный автоматический механизм съема, собственный двигатель – тянущий электромагнит	50	100	100	95	50	95	95	95	90
6	Рычажный автоматический механизм съема, собственный привод – гидроцилиндр	55	100	90	95	50	95	95	90	90

Таким образом, наиболее рациональной структурной схемой механизма съема роторной линии является синтезированная структурная схема № 5 из табл. 2, на которую получен патент на полезную модель РФ [3]. Рычажный электромеханический съемник превосходит по скорости срабатывания механизмы с другими приводами, а выполненный совместно с механизмом счета позволяет максимально упростить механическую часть конструкции. Сравнительно небольшие габариты составляющих механизма позволяют разместить его в ограниченном пространстве. Основным недостатком существующих контрольных механизмов является ударное воздействие на детали во время снятия их с конвейера [1].

Разработанный механизм (рис. 3, а) содержит толкатель 4, перемещающийся на роликах 6 по направляющим 8 за счет ведущего рычага 7. Ведущий рычаг приводится в движение тянущим электромагнитом 12 через соединитель 9 и оси соединителя 13. Рычаг вращается вокруг оси 11 и воздействует на толкатель, соединенный с рычагом осью 5. В рабочем положении толкатель находится на пути движения заготовок 1 под действием тянущего электромагнита, преодолевающего усилие пружины сжатия 10. В исходное положение рычаг возвращается при выключенном электромагните за счет пружины сжатия. Толкатель перемещает заготовку в лоток 3 за счет своей рабочей поверхности 14, выполненной в форме синусоиды.

Данная конструкция позволяет перемещать заготовки с конвейера 1 в лоток в направлении, перпендикулярном их движению. Рабочая поверхность толкателя выполнена в форме синусоиды, обеспечивающей плавное перемещение заготовок, при этом заготовки перемещаются по рабочей поверхности толкателя за счет скорости конвейера. Ударных нагрузок в данном случае не возникает, тем самым повышаются надежность и срок службы конструкции толкателя.

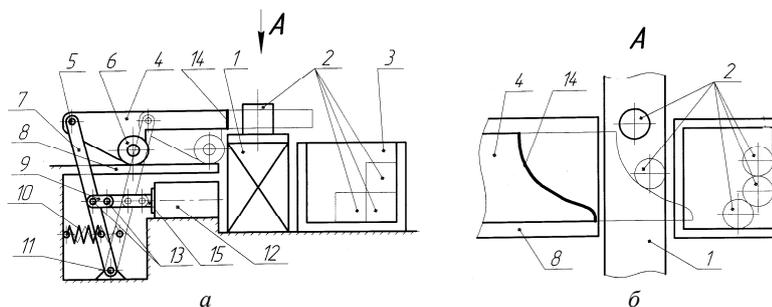


Рис. 3. Контрольный механизм: *а* – устройство механизма; *б* – толкатель в рабочем положении; 1 – конвейер, 2 – заготовки, 3 – лоток, 4 – толкатель, 5 – ось, 6 – ролик, 7 – ведущий рычаг, 8 – направляющие, 9 – соединитель, 10 – пружина сжатия, 11 – ось ведущего рычага, 12 – тянущий электромагнит, 13 – ось соединителя, 14 – рабочая поверхность толкателя, 15 – якорь электромагнита

Электромагнит обладает достаточно высокой скоростью срабатывания. При большой скорости движения заготовок по конвейеру электромагнит способен обеспечить своевременное перемещение толкателя в рабочее положение. Конструкция электромагнита простейшая, он обеспечивает усилие только в одном направлении, в начальное положение механизм возвращает усилие за счет пружины сжатия. Включенный в конструкцию соединитель 13 позволяет избежать радиальной нагрузки и изгибающего момента, действующего на якорь электромагнита 15 при повороте ведущего рычага 7. Абсолютная скорость заготовок, перемещающихся по конвейеру, изменяется по синусоидальному закону, без скачков ускорений.

Таким образом, в устройстве решена задача создания безударного толкателя повышенного быстродействия.

Окончательное решение о выборе той или иной структурной схемы принимается после параметрического синтеза и анализа. Для проведения последнего необходимо составление математической модели динамики движения толкателя и заготовки, расчет по ней конструктивных параметров.

#### Библиографические ссылки

1. Аленченков И. С., Пушкарев А. Э. Функционально-структурный анализ и синтез механизмов роторной линии // Вестн. Ижев. гос. техн. ун-та. – 2011. – № 2. – С. 7 – 11.
2. Аленченков И. С. Использование функциональной и структурной модели роторной линии для выбора механизма съема // Будущее машиностроения России : электрон. сб. тр. Второй Всерос. конф. молодых ученых и специалистов (21–25 сент. 2009 г.). [Электрон. ресурс] – М. : МГТУ им Н. Э. Баумана, 2009. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) № 0320901785.
3. Пат. на полезную модель 101435 РФ, МПК В65G 47/82. Устройство конвейерного толкателя / И. С. Аленченков А. Э. Пушкарев. – № 2010118816/11 ; заявл. 11.05.10; опубл. 20.01.10, Бюл. № 2.

\*\*\*

*I. S. Alenchenkov*, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University  
*A. E. Pushkarev*, DSc in Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

**Designing of kinematic schemes of rotor line mechanisms**

*Existing variants of structural schemes layouts of rotor line control mechanisms are analyzed. Method of their synthesis is offered. Perspective kinematic schemes of the specified mechanisms are considered.*

**Keywords:** rotor line, mechanisms, structural synthesis

Получено: 22.01.12

УДК 623.44(045)

*Л. А. Галаган, доктор технических наук, профессор;*

*Д. В. Чирков, аспирант*

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ПЕРЕДАЧИ ИМПУЛЬСА ОТДАЧИ НА СТРЕЛКА В СИСТЕМАХ С НЕПОДВИЖНОЙ СТВОЛЬНОЙ КОРОБКОЙ

*Рассмотрены импульсы отдачи, действующие на стрелка в системах с неподвижной ствольной коробкой и различными типами двигателей автоматики. Выявлены приоритеты.*

**Ключевые слова:** автоматика, отдача, стрелок, воздействие

Повышение боевой эффективности – традиционная задача разработчиков оружия. Разнообразие известных схем работы автоматики обусловлено необходимостью достижения заданных характеристик кучности и точности стрельбы. Классическая компоновка оружия характеризуется наличием неподвижной ствольной коробки с расположенными в ней механизмами автоматики оружия. Реализованными и испытанными в рамках указанных схем при использовании единого боеприпаса и длины ствола являются схемы с боковым отводом пороховых газов, с отдачей полусвободного затвора, со сбалансированной автоматикой. В каждой из них предполагается получение наиболее благоприятного характера воздействия импульса отдачи на стрелка.

Рассмотрим характер передачи импульса отдачи в цикле выстрела в различных схемах работы автоматики при использовании единого боеприпаса, единой ствольной группы, при обеспечении одинакового количества движения подвижных частей в конце работы двигателя автоматики. Дополнительным условием является исключение из внимания работы прочих механизмов системы перезаряжания.

В качестве базового принят автомат АК74 с длиной ствола  $L_{ств} = 415$  мм, боеприпас  $5,45 \times 39$ , импульс отдачи за время выстрела  $I_b = 5$  Н·с, масса подвижных частей  $M_{пч} = 0,47$  кг, скорость подвижных частей в конце работы двигателя автоматики  $V_{пч} = 6,65$  м/с. Расчет автоматики выполнен при использовании известной методики для систем с боковым газовым двигателем [1].

Результаты расчета характера передачи импульса отдачи на стрелка для разных схем работы автоматики представлены на рисунке. Здесь показано изменение импульса отдачи в течение выстрела и его значение к концу выстрела  $I_b$  для бокового