

УДК 621.926

ПРУЖИННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ИХ РАЗВИТИЕ

Д. А. ЩУКИН

Научный руководитель Л. А. СИВАЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Технологическая универсальность пружин как рабочих органов позволяет использовать их как основу для создания различных аппаратов: мельниц, смесителей, грохотов, механоактиваторов, питателей, виброуплотнителей, гидроклассификаторов и др. [1]. Если рассматривать эффективность применения и потенциал пружинных аппаратов, то он в значительной степени зависит от условий работы пружин, прежде всего их нагруженности. С целью пояснения такого положения представим основные варианты поведения пружин при выполнении ими различных технологических функций (рис. 1). Отличительной особенностью этих вариантов является тот факт, что усложнение кинематики поведения отдельных звеньев пружинных рабочих органов приводит к интенсификации механизмов воздействия на обрабатываемую среду и расширению их технологических возможностей.

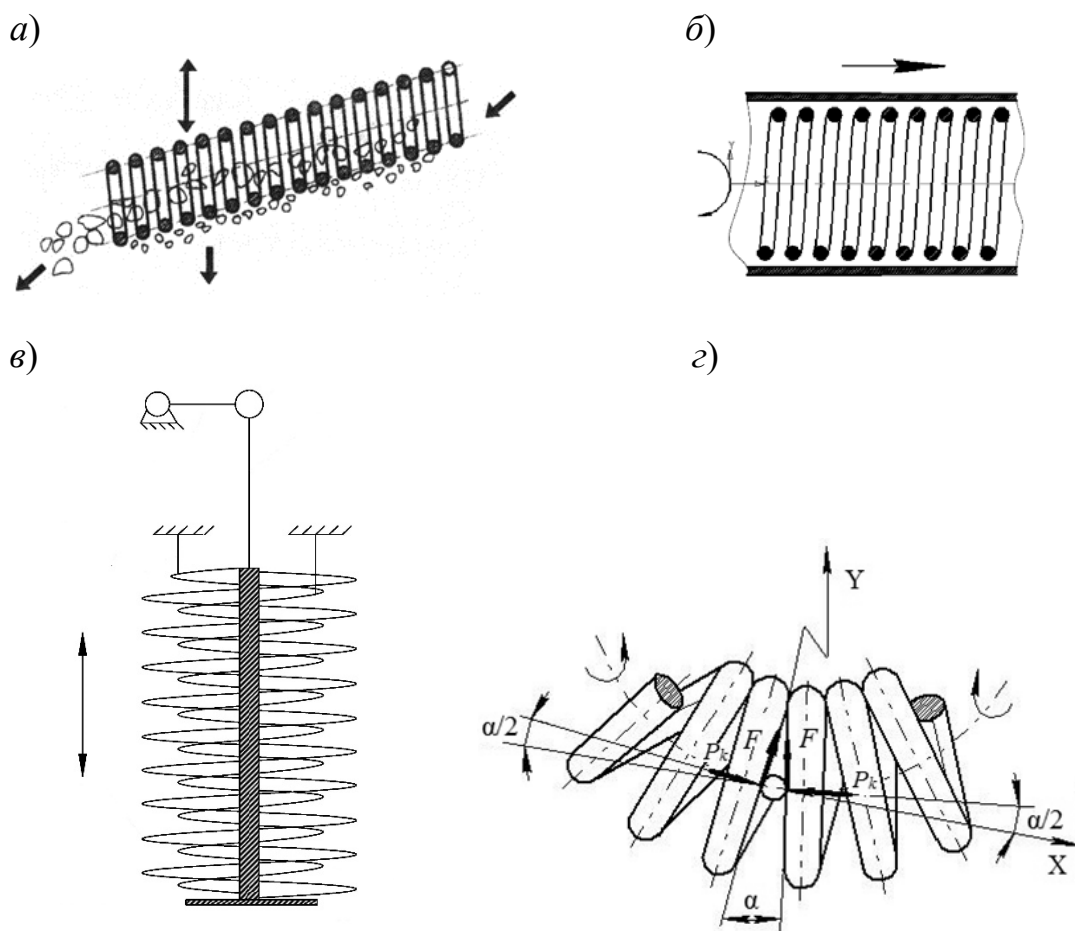
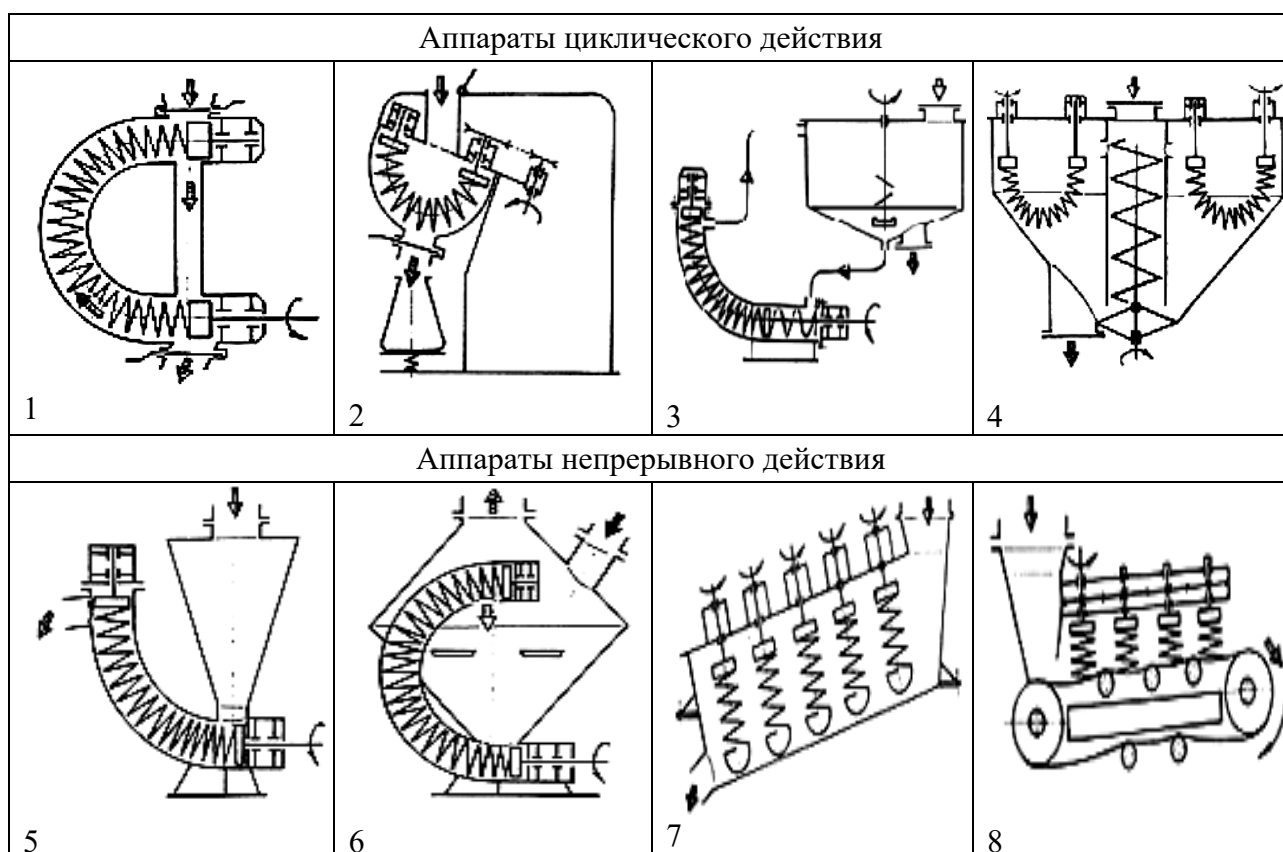


Рис. 1. Основные варианты выполнения пружинами технологических функций: а – грохочение; б – транспортирование; в – уплотнение; з – помол

Морфологический анализ представленных схем показывает, что при грохочении пружина находится в статическом состоянии, при работе в качестве питателя испытывает напряжение кручения, при уплотнении материала – напряжения изгиба, при помоле витки изогнутой кинематически деформируемой пружины подвержены сложному нагружению и работают в условиях знакопеременных воздействий как со стороны внутренних сил, так и внешних факторов. Работа пружинного аппарата в качестве мельницы является наиболее энергонапряжённой и характеризуется, с одной стороны, повышенными технологическими возможностями, а с другой стороны, с тяжёлыми условиями эксплуатации, обусловленными износом и знакопеременными нагрузками, в том числе в режиме интенсивных колебаний [2].

Величина концентрации энергии непосредственно в рабочей зоне пружинной мельницы достигает 5 кВт/дм^3 , что позволяет использовать её даже в качестве аппарата для сверхтонкого помола, проведения процессов механоактивации и получения высококачественных порошковых композиций. К настоящему времени изготовлено более 900 единиц пружинных мельниц, смесителей, диспергаторов и механоактиваторов вращательного действия примерно 60 различных конструкций и производительностью от 1 кг/ч до 50 т/ч [1, 2]. Примеры конструктивного исполнения наиболее применяемых пружинных аппаратов с кинематически деформируемыми рабочими органами приведены в табл. 1.

Табл. 1. Конструктивные исполнения пружинных аппаратов



Пружинные мельницы, смесители и диспергаторы объединены единым исполнением рабочего органа и в целом характеризуются очень высокой технологической эффективностью. Об этом можно судить по независимым оценкам специалистов ВНИИ гидротехники имени Веденеева (г. С.-Петербург) [2] по размолоспособности, оцененной на основе испытаний мельницы, выполненной по схеме 1 таблицы 1 в сравнении с другими аппаратами, из которых они уступают только планетарным мельницам. Эти и другие особенности пружинных аппаратов делают их эффективным оборудованием для системной переработки многих видов сырья и материалов. Их функциональные преимущества обусловлены получением дополнительной степени свободы движения рабочего органа за счет кинематического деформирования витков пружин. Это накладывает дополнительные требования на материал и качество изготовления рабочих органов, работающих в условиях знакопеременных нагрузок.

В силу конструктивных особенностей пружинных рабочих органов они могут быть изготовлены только из пружинных материалов, в частности, сталей. По этой причине поверхностная твердость витков пружин не может превысить 57...60 HRC, а, значит, это может приводить к повышенному износу при переработке высокоабразивных материалов.

Основные отказы пружинных рабочих органов обусловлены усталостным разрушением и износом, причем доминирующим является первый фактор. Главный резерв повышения наработки на отказ по критерию усталостной прочности состоит в снижении исходных монтажных внутренних напряжений при изгибе рабочих органов. Это заключается в уменьшении величины углов изгиба рабочих органов, пропорционально повышающих их циклическую прочность.

Вывод по практическому применению таких рабочих органов сводится к выбору баланса между параметрами пружин, в частности углом и радиусом их изгиба, величиной зазоров и усилий обжатия материала в контактных зонах между витками.

Сформулируем основные области применения и перспективы использования пружинных аппаратов. В силу своей универсальности и конструктивного многообразия рассматриваемое оборудование может быть использовано практически во всех отраслях народного хозяйства для комплексной переработки дисперсных материалов [3]. Область их рационального использования охватывает материалы исходной крупностью менее 5...8 мм, прочностью на сжатие до 200...250 МПа, твердостью до 7 единиц по шкале Мооса, средней абразивности. Такие материалы можно обрабатывать как по сухому, так и по мокрому способу кроме диапазона критической влажности, вызывающей образование пробок в рабочих пространствах. Следует при этом оговориться, что для случая принудительной подачи материала в рабочие зоны это ограничение снимается. Производительность пружинных аппаратов определяется в первую очередь размерами и количеством установленных в них рабочих органов. На этом основании производительность для одного рабочего органа составляет не более 3 т/ч для сухой обработки и не более 10 т/ч для мокрой.

Дополнительная установка рабочих органов позволяет довести производительность оборудования до 50 и более тонн в час.

Основные исследования и разработки по пружинным аппаратам проводятся на кафедре «Транспортные и технологические машины» Белорусско-Российского университета. Кроме мельниц, смесителей, механоактиваторов, диспергаторов и виброуплотнителей проводятся работы по созданию многоцелевых питателей-дозаторов с расширенными функциями, установок для процеживания шламов и шликеров, модулей к распылительным сушилкам и аппаратов для получения наноразмерных композиций [4]. Выполнен комплексный анализ всех ранее выполненных работ в данном направлении и определены основные задачи дальнейшего развития оборудования с пружинными рабочими органами, которые сводятся к следующему:

1. Разработка аналитических моделей гидродинамики в рабочем пространстве и обеспечение организованного движения обрабатываемого продукта в межвитковых пространствах.

2. Использование метода интенсификации контактных взаимодействий между элементами рабочих органов путем использования дополнительной загрузки мелких мелющих тел.

3. Оптимизация геометрических, кинематических и энергосиловых параметров пружинных рабочих органов.

4. Проведение комплексных исследований для определения потенциальных возможностей пружинных аппаратов по переработке различных материалов и сред.

5. Разработка методов повышения износостойкости и повышения прочности при циклическом нагружении пружинных рабочих органов.

6. Решение задач оптимального проектирования как отдельных пружинных аппаратов, так и технологических комплексов на их основе.

7. Функционально-стоимостной анализ организации выпуска и производственной эксплуатации пружинных аппаратов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интенсификация технологических процессов в аппаратах адаптивного действия: монография / Л. А. Сиваченко [и др.]; под науч. ред. Л. А. Сиваченко – Барановичи: БарГУ, 2020. – 359 с.

2. Технологические аппараты адаптивного действия / Л. А. Сиваченко [и др.] – Минск: БГУ, 2008 – 375 с.

3. **Сиваченко, Л. А.** Прогноз и пути развития пружинных технологических аппаратов / Л. А. Сиваченко // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвузовский сб. ст. – Белгород, 2020 – С. 310–317.

4. **Сиваченко, Л. А.** Многоцелевой пружинный питатель-дозатор / Л. А. Сиваченко, Д. А. Щукин // Энего-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Белгород, 2020 – С. 377–381.