

УДК 621.926

К ПОВЫШЕНИЮ НАДЁЖНОСТИ ЕДИНИЧНОГО МОДУЛЯ ПРУЖИННОЙ МЕЛЬНИЦЫ

**Сиваченко Л.А.<sup>1</sup>, Шукин Д.А.<sup>1</sup>, Харитонов Ю.М.<sup>1</sup>**

*1. Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», г. Могилев*

*В статье способ повышения надёжности пружинного рабочего органа, основанный на обеспечении синхронной передачи крутящего момента на каждый из его концов. Суть этого технологического решения состоит в использовании двух одинаковых электродвигателей с противоположным направлением вращения. Отличительной особенностью запуска в работу рабочего органа является включение одного из двигателей, вывод его на устойчивый режим и только после этого запуск другого двигателя.*

*Ключевые слова: мельница, надёжность, крутящий момент, рабочий орган, эпюра нагружения, электродвигатель.*

TO INCREASE THE RELIABILITY OF A SINGLE SPRING MILL MODULE

**Sivachenko L.A.<sup>1</sup>, Shchukin D.A.<sup>1</sup>, Kharitonov Yu.M.<sup>1</sup>**

*1. Interstate educational Institution of Higher education "Belarusian-Russian University", Mogilev*

*The article describes a way to increase the reliability of a spring-loaded working body, based on ensuring synchronous transmission of torque to each of its ends. The essence of this technological solution is to use two identical electric motors with the opposite direction of rotation. A distinctive feature of the start-up of the working body is the inclusion of one of the engines, its output to a stable mode and only after that the start of the other engine.*

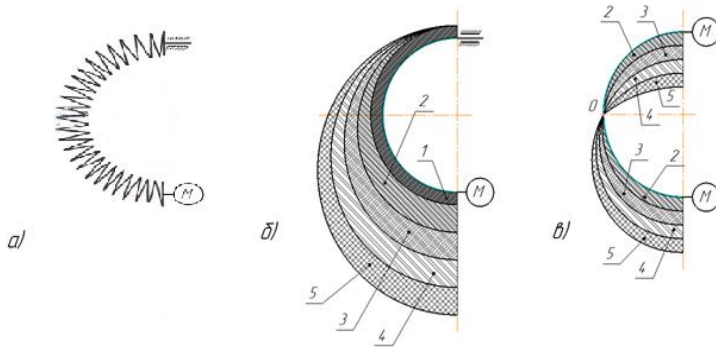
*Keywords: mill, reliability, torque, working body, loading diagram, electric motor.*

Пружинные мельницы обладают высокой технологической эффективностью [1], однако при их эксплуатации в их рабочих органах (пружинах) возникают значительные внутренние напряжения, которые могут привести к преждевременному усталостному разрушению [2]. Одной из главных причин этого мы видим в том, что рабочий орган нагружен большим крутящим моментом с одной стороны, причём момент на трение в дополнительной опоре действует при его работе постоянно.

Особое внимание следует обратить на создание надёжного и эффективного единичного пружинного помольного модуля с расположе-

нием рабочего органа в трубчатом корпусе, Важность решения этой задачи особенно важна в связи с тем, что в силу своей простоты и высокой технологической эффективности такая конструкция может иметь самое широкое практическое использование. Речь необходимо вести не только о типоразмерных рядах такого оборудования, но и о технологических применениях, включающих помол, смешивание, диспергирование, механоактивацию, микрогранулирование, дозирование, сушку и др. Выделим основные ограничения, сдерживающие развитие подобных аппаратов. Во-первых, сравнительно небольшая длина рабочих органов, что снижает время и качество обработки материала, в том числе не даёт возможности увеличить количество рабочих витков, во-вторых, это недостаточная крутильная жёсткость рабочих органов, лимитирующая их способность перерабатывать более прочные частицы и трудноперерабатываемые среды, в-третьих подвод крутящего момента только на один конец рабочего органа характерен тем, что в его витках постоянно присутствует крутящий момент, связанный с преодолением сил трения в дополнительной опоре, что способствует ухудшению условий работы пружины и преждевременному выходу её из строя из-за усталостного разрушения [2].

Перечисленные недостатки в значительной степени могут быть решены путём подвода крутящего момента на два конца пружинного рабочего органа. Покажем это на примере сравнения эпюр составляющих крутящего момента, необходимого для работы пружинной мельницы при его подводе к одному или к двум концам рабочего органа (см. рисунок 1).



а) схема пружинного рабочего органа б) односторонний подвод крутящего момента в) двухсторонний подвод крутящего момента

Рис. 1. Эпюры составляющих крутящего момента при работе пружинного рабочего органа

Анализ составляющих эпюр суммарного крутящего момента показывает, что основными из них являются: 1 – момент, необходимый на преодоление сил трения в дополнительной опоре, 2 – момент, необходимый для вращения пружины как гибкого вала, 3 – момент, необходимый для разрушения частиц материала, 4 момент, необходимый для преодоления сопротивлений при перекачивании витков друг по другу, 5 – момент, необходимый для транспортирования материала в рабочей камере. Сравнение представленных эпюр даёт наглядное представление о том, что двухсторонний привод рабочего органа полностью исключает действие тормозного момента  $M_1$  и позволяет улучшить условия работы пружины за счёт более равномерного распределения внешних нагрузок (моментов  $M_2, M_3, M_4, M_5$ ) по её длине. При этом в центральной части рабочего органа появляется точка 0 с нулевым крутящим моментом, которая в зависимости от характера внешних воздействий может отклоняться на незначительную величину от центра равноудалённости приводных торцов пружины. Величина этого отклонения будет определяться как разностью нагрузочных характеристик приводных электродвигателей, так и неравномерностью их нагружения вследствие изменчивости свойств обрабатываемого продукта в различных зонах рабочей камеры. Результатом этого будут крутильные колебания пружины, что должно активизировать сдвиговой характер разрушения частиц.

Техническая реализация предложенного решения заключается, в частности в том, что концы рабочего органа, установленного в трубчатом корпусе, являющегося базой конструкции, смонтированы на валах приводных модулей с одинаковыми техническими характеристиками, но с противоположным направлением их вращения (см. рисунок 2). Каждый из таких модулей включает в себя электродвигатель 1, опорный узел 2 с уплотнением выходного вала 3. Пружинный рабочий орган 4 снабжен узлами крепления 5 и расположен в рабочей камере 6, имеющей патрубки 7,8 соответственно для загрузки и выгрузки материала.

Рабочий процесс мельницы с двухсторонним подводом крутящего момента практически не отличается от работы существующих пружинных аппаратов. Основные изменения касаются характера ее запуска и остановки. Первым должен включаться электродвигатель, который работает на «закручивание» пружинного рабочего органа и выводится на устойчивый режим работы. При этом в рабочей камере не должно быть материала. Ротор второго электродвигателя через пружинный рабочий орган приводится во вращение и только после этого на его обмотки подается напряжение. Остановка машины после освобождения рабочей

камеры от обрабатываемого продукта производится в обратной последовательности.

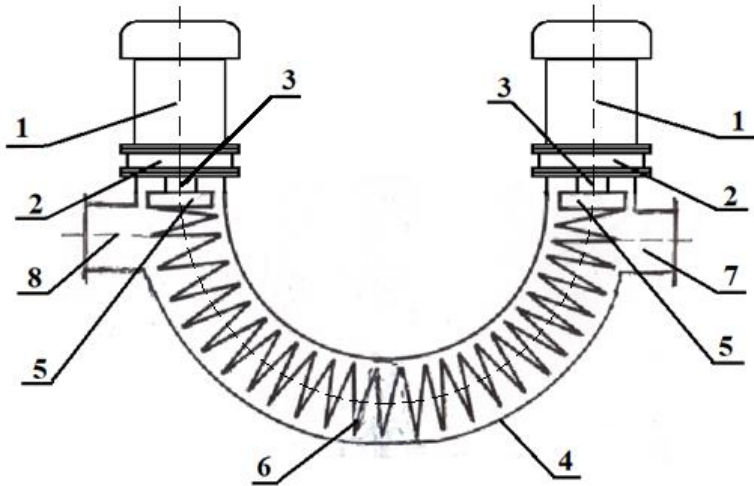


Рис. 2. Схемы единичного пружинного модуля для помола материалов

Спроектированные на основе предлагаемого подхода единичные модули для пружинных аппаратов могут быть выполнены различного исполнения, в том числе: с встроенными насосными комплексами, с различными интенсификаторами рабочего процесса, с рабочими камерами для нагрева или охлаждения, во взрывобезопасном исполнении, изготовленными из нержавеющей материалов с дополнительными функциональными устройства и т.д. [3].

#### Список литературы

1. Сиваченко Л.А. Технологические аппараты адаптивного действия / Л.А. Сиваченко [и др.]: монография. – Минск.: Изд.центр БГУ. 2009. – 375 с.
2. Анализ отказов рабочих органов пружинных мельниц / Л.А. Сиваченко, Т.Л. Сиваченко, А.В. Жерносек, Е.И. Кутынка // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. ст. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. – с. 141 – 148

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