

УДК 622.647.4(043.3)

Д. М. Кобылянский, М. Т. Кобылянский

Кузбасский государственный технический университет  
им. Т.Ф. Горбачева, Кемерово, Россия

## ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВИБРАЦИОННОГО ПРОЦЕССА – ОСНОВА СОЗДАНИЯ ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯ ВИНТОВОГО КОНВЕЙЕРА

Проводится анализ известных методов борьбы с налипанием транспортируемых материалов, обладающих свойством липкости, на элементы винтового конвейера. Приводится предложенная автором классификация методов повышения эффективности транспортирования липких и сильносвязных материалов. На основании анализа возможных методов в данной классификации делается вывод о применении вибровозбудителя в разрабатываемой конструкции винтового конвейера. Выполнен обзор существующих конструкций вибровозбудителей на основе литературных и патентных материалов. Данна классификация вибровозбудителей по принципу создания вибрационного воздействия на элементы винтового конвейера. Приведены достоинства и недостатки различных видов вибровозбудителей с точки зрения применения их в винтовом конвейере. Сформулированы требования к эффективной конструкции вибровозбудителя, в частности, генерирование направленной вибрации и возможность автоматического управления вибровозбудителем. Разработана новая конструкция вибровозбудителя, на который получен патент РФ.

**Ключевые слова:** геометрия колебаний, вибровозбудитель, винтовой конвейер, транспортируемый материал, налипание материала, направленная вибрация, частота и амплитуда вибрации, автоматическое управление вибровозбудителем.

Как показал анализ, винтовые конвейеры обладают большим разнообразием конструкций, применяются во многих отраслях промышленности и сельского хозяйства и являются весьма эффективным и надёжным средством перемещения различных материалов. Однако наряду с неоспоримыми достоинствами винтовые конвейеры имеют и существенные недостатки, одним из которых, в частности, является затруднённое транспортирование липких и сильносвязных (вязкопластичных) материалов, например, глинистых или битумосодержащих горных пород [Кобылянский, 2008, 184 с.].

При транспортировании материалов, обладающих свойствами липкости и вязкости, они налипают на винтовую поверхность шнека с возникновением интенсивной циркуляции, образованием пробок вплоть до полного прекращения транспортирования.

Указанные обстоятельства свидетельствуют о необходимости поиска конструктивных и технологических решений, направленных на повышение эффективности и надёжности процесса транспортирования сильносвязных материалов винтовыми конвейерами.

Известны различные методы борьбы с налипанием материала на элементы винтового конвейера: тепловой, вибрационный, электромагнитный, введение незначительных количеств различных добавок (ПАВ), подбор технологического режима (скорости относительного перемещения материала, продолжительности контакта и давления), образование промежуточного слоя на границе раздела между элементами ВК и транспортируемым материалом – увлажнение и др.

На рисунке 1 приведена предложенная автором классификация методов повышения эффективности транспортирования липких и сильносвязных материалов.

Анализируя представленные методы и основываясь на результатах известных исследований, можно сделать вывод, что такие методы, как изменение физико-механических свойств материала (подача воздуха и воды, жидкого полимера), снижение коэффициента трения с помощью полимерного покрытия и индукционным воздействием на винт хотя и дают положительное воздействие, но обладают существенными недостатками и недостаточно эффективны. По мнению автора, представляет интерес метод вибровозбуждения винта, особенно в комбинации с принудительным увлажнением материала [Григорьев, 1972, 184 с.].

Применение вибрации, как правило, приводит к значительной интенсификации процессов и повышению качественных показателей различных

устройств. Вибрационные машины и технологические процессы в настоящее время используют практически во всех отраслях промышленности [Челомей, 1980, 6 т.].

Весьма широки диапазоны размеров и мощностей вибрационных машин, чрезвычайно разнообразны их назначение и конструкция, различны методы и средства возбуждения вибрации. Конструктивные схемы вибрационных машин, как правило, несложны, но для успешной работы необходимо точно определить их параметры, что можно сделать только на основе исследования динамики вибрационных машин и выполняемых ими технологических процессов.

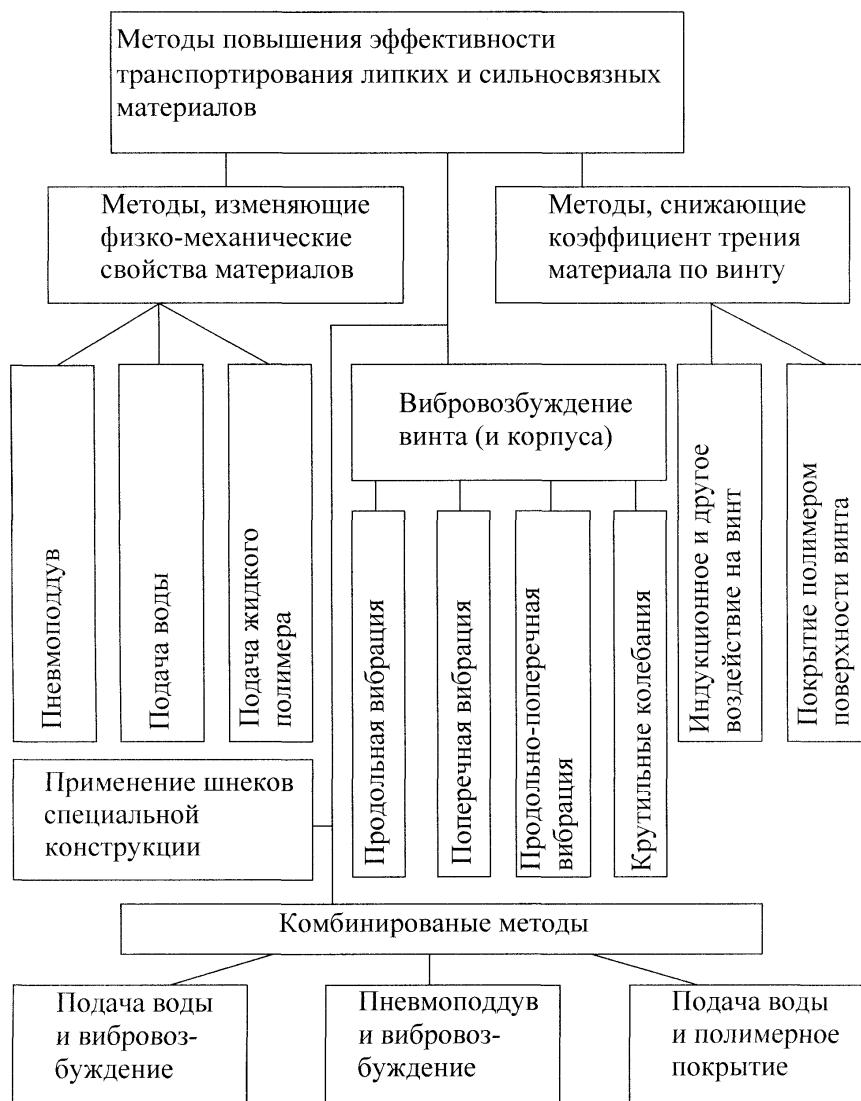


Рис. 1. Классификация методов повышения эффективности

транспортирования липких и сильносвязных материалов

Весь процесс создания новой конструкции вибрационной машины состоит из нескольких основных этапов.

1. Обоснование эффективности использования вибровозбуждения в данном технологическом процессе.

2. Нахождение принципиальной схемы вибромашины и оптимальных значений ее параметров.

3. Разработка конструкции вибромашины.

Если разрабатывается тип вибромашины, который уже применяется в технике, основные особенности которого уже хорошо известны и изучены, то в этом случае используется типовая теория колебаний линейных или нелинейных систем.

Если же создается достаточно оригинальная вибромашина, то возникает проблема получения оптимального закона движения рабочего органа, позволяющего обеспечить наилучшие параметры технологического процесса при существующих технологических ограничениях. Исходной информацией для этого является математическое описание технологического процесса (в нашем случае – процесса транспортирования), а также данные о технологических возможностях его реализации.

Вместе с общими характеристиками при проектировании вибромашин имеется несколько характеристик качества и надежности вибрационной машины, которые учитывают специфику ее проектирования и эксплуатации. К ним относятся стабильность, коэффициент усиления вынуждающей силы и уравновешенность [Спиваковский, Гончаревич, 1983, 286 с.].

Характер и параметры колебаний весьма важны на начальной стадии проектирования, ибо только от этого по существу зависит технологический эффект.

Как уже говорилось выше, вибрация рабочих элементов может существенно улучшать параметры машин. Так, например, вибрирование пи-

тателя может увеличить производительность выпуска руды в 2–3 раза при сохранении размеров выпускных отверстий, что свидетельствует о чрезвычайно высокой технико-экономической эффективности вибрационных средств.

Известно, что при воздействии вибрации на разрыхленные материалы последние приобретают повышенную текучесть. При включении вибратора уменьшаются силы трения между материалом и поверхностью шнека, а также коэффициент внутреннего трения материала, чем и объясняется положительный эффект при транспортировании. Наличие вибрации придаёт некоторому объёму горной породы, находящейся в этой области, свойства текучести, причём, с регулированием частоты и амплитуды вибрации появляется реальная возможность управлять этим процессом.

При вибровозбуждении шнека наиболее интенсивно подвергаются действию вибрации частицы материала, расположенные непосредственно около вибрирующей винтовой поверхности шнека. По мере удаления частиц от вибрирующей поверхности амплитуда уменьшается. Снижение амплитуды колебаний происходит вследствие необратимых потерь энергии при передаче ее от одних частиц к другим. По мере удаления частиц от вибрирующей поверхности шнека наблюдается также сдвиг по фазе в перемещении отдельных частиц.

Режим работы вибровозбудителя определяется амплитудой и частотой колебаний рабочего органа, а также направлением колебаний. Различают продольные, поперечные и крутильные колебания.

Уравновешенность вибрационной машины характеризует степень передачи динамических нагрузок на фундаменты или поддерживающие опоры.

Несмотря на интенсивное развитие вибрационной техники применительно к горному делу и наличие довольно обширной научно-технической литературы в этой области, целый ряд вопросов остаётся ещё неизучен-

ным. К числу недостаточно изученных следует отнести вибровозбуждение с направленными колебаниями, в частности, с поперечными (радиальными) колебаниями рабочего органа винтового конвейера.

Для выбора общей схемы вибровозбудителя выполнен патентный поиск и обзор литературы в данной области.

Известны различные конструкции вибровозбудителей винтовых конвейеров. По типу привода их можно условно разделить на устройства, имеющие собственный привод и вращающиеся от основного привода конвейера. Существуют также вибровозбудители с продольной и поперечной вибрацией.

Вибровозбудители разделяются на центробежные, электромагнитные, электродинамические, кинематические, гидравлические и пневматические вибровозбудители. Каждый из этих видов имеет свою область применения, достоинства и недостатки. В частности, центробежные вибровозбудители применяются при частотах вынужденных колебаний до 50 Гц и амплитудах до нескольких сантиметров. Электромагнитные и электродинамические вибровозбудители позволяют создать колебания с частотой несколько тысяч герц, но стабильность их работы и амплитуда колебаний невысока. Гидро- и пневмовибровозбудители сложны по конструкции, и надёжность работы их мала.

Наиболее просты и надёжны кинематические вибровозбудители, широко используемые в горной и транспортной технике, а также при вспомогательных операциях.

Известен «Привод шнека преимущественно для прессов» (А. С. СССР № 697348 от 04.05.78), в котором инерционный вибратор выполнен в виде водила с сателлитами и дебалансами, вращающимися от отдельного двигателя и создающими вибрацию шнека в радиальном направлении. Аналогичную конструкцию с использованием планетарных редукторов и дебалансов имеет «Привод конвейера» (А. С. СССР № 908699 от 24.04.80).

Известен «Конвейер для сыпучих и пылевидных материалов» ( . С. СССР № 361127 от 06.07.70). В конструкции конвейера сателлиты-дебалансы, расположенные на водиле, обкатываются вокруг солнечного колеса и создают дополнительный пульсирующий, знакопеременный крутящий момент, передающийся на шнек. Настройка на оптимальный режим транспортировки сыпучих и пылевидных материалов достигается изменением скорости вращения сателлитов-дебалансов посредством передачи.

Отличие заключается в том, что в названных устройствах привод вибратора осуществляется от основного двигателя конвейера, причём в вибраторе по А. С. СССР № 908699 предусмотрена возможность регулировки скорости вращения дебалансов; вибратор «Конвейера для сыпучих и пылевидных материалов» по А. С. СССР № 361127 создаёт в шнеке крутильные колебания со знакопеременным вращающим моментом; в «Конвейере для сыпучих и пылевидных материалов» по А. С. СССР № 339474 вибратор не предусматривает регулировку колебаний.

Иной принцип работы вибровозбудителя имеет «Винтовой конвейер» (патент РФ № 2220897 от 25.12.2001), в котором продольная вибрация шнека создаётся взаимным перекатыванием шестерён с волнистой поверхностью.

Продольные колебания шнека «Винтового конвейера» (А. С. СССР № 1819841 от 26.06.89), и «Сpirального конвейера» (А. С. СССР № 1362690 от 27.06.86) возникают в результате вибрационного воздействия на вал электромагнитом. При включении электропривода спираль приводится во вращение, обеспечивая тем самым перемещение материала. Циклически сжимающаяся и растягивающаяся спираль под действием электромагнита разрушает пробку, образованную материалом, перемещая ее к разгрузочному патрубку.

Основными достоинствами электромагнитных вибровозбудителей является отсутствие труящихся и требующих смазки частей и лёгкость управления параметрами.

Пневмоцилиндр приводит в действие вибратор «Винтового питателя для плохо–сыпучих материалов» (А. С. СССР № 1125171 от 29.06.83).

Более простую конструкцию имеет «Винтовой питатель для плохо–сыпучих материалов» (А. С. СССР № 988696 от 04.06.81). В этом устройстве вал шнека совершает осевое возвратно-поступательное движение в результате периодического попадания выступа на валу шнека в специальный неподвижный паз, расположенный на торцевой стенке корпуса.

Известны также другие конструкции винтовых конвейеров, имеющих вибраторы аналогичных принципов действия и отличающиеся деталями.

Подводя итог обзору существующих конструкций вибраторов винтовых конвейеров, можно сделать вывод, что в целом они достаточно эффективны и позволяют решить проблему транспортировки липких и сильносвязных материалов. Вместе с тем можно отметить и существенные недостатки известных устройств: сложность конструкции, значительные габариты привода, сложность настройки на оптимальный режим работы, возможность заклинивания вала шнека, значительное потребление энергии.

В результате анализа существующих конструкций вибраторов ВК автором разработана конструкция вибровозбудителя, свободная от перечисленных недостатков. Конструкция вибровозбудителя создавалась применительно к винтовому перегружателю проходческого агрегата – геохода. На «Винтовой конвейер», оснащённый вибровозбудителем новой конструкции, получен патент РФ № 2312807 от 29.03.06 (Пат. 2312807 Российской федерации, МПК<sup>7</sup> В 65 G 33/08. Винтовой конвейер/Кобылянский Д.М., Горбунов В.Ф.; заявитель и патентообладатель ГУ Кузбасс. гос. техн.

ун-т. - №2006110126/11; заявл. 29.03.06; опубл. 20.12.07, Бюл. 35. – 7 с.: ил.).

При разработке технического решения ставилась следующая задача – расширение эксплуатационно-технологических возможностей винтового конвейера путём автоматического установления оптимальных параметров вибровозбудителя при транспортировании материалов с различными физико-механическими свойствами. Конструктивно вибровозбудитель весьма прост и надёжен. По принципу действия вибровозбудитель винтового перегружателя является машиной кинематического типа, ведущее звено которого (вал шнека) совершает вполне определённое движение, зависящее только от геометрических параметров опорных узлов. Причём данный вибровозбудитель относится к устройствам с регулируемой амплитудой колебаний и, что очень важно, регулирование осуществляется без остановки машины. Возможность плавного регулирования амплитуды колебаний позволяет осуществить автоматическое управление вибровозбудителем.

В соответствии с установленной терминологией разработанный вибровозбудитель относится к безударным вибрационным машинам, в которых исполнительный орган выбирает, не ударяясь о другие элементы машины или об обрабатываемую среду.

### **Библиографический список**

Кобылянский Д. М. Обоснование конструктивных и режимных параметров винтового перегружателя геохода : дис. ... канд. техн. наук. Кемерово, – 2008. – 184 с.

Винтовые конвейеры / Григорьев А.М. // М., Машиностроение, – 1972. – 184 с.

Вибрации в технике: Справочник в 6 т./редкол.: В.Н. Челомей (гл. ред.) и др. – М.: Машиностроение. 1980. – 6 т.

Спиваковский А.О., Гончаревич И.Ф. Вибрационные и волновые транспортирующие машины // М., Наука, 1983. 286 с.

Пат. 2312807 Российская федерация, МПК<sup>7</sup> В 65 G 33/08. Винтовой конвейер/Кобылянский Д.М., Горбунов В.Ф.; заявитель и патентообладатель ГУ Кузбасс. гос. техн. ун-т. - №2006110126/11; заявл. 29.03.06; опубл. 20.12.07, Бюл. 35. – 7 с.: ил.

**D. M. Kobylyanskiy, M. T. Kobylyanskiy**

*T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russia*

## **THE GEOMETRICAL PARAMETERS OF THE VIBRATION PROCESS IS THE BASIS FOR THE CREATION OF THE CONVEY- ING SCREW EXCITER**

The paper analyses well-known methods of fighting against sticking of transported materials with tendency to stick on the elements of the conveying screw. It presents an original classification of methods for increasing the efficiency of transportation of sticky and highly viscous materials. Basing on the analysis of possible methods in this classification, the priority is given to the use of vibration exciter in the developed design of the conveying screw. An overview of existing vibration exciter designs based on literary and patent materials is provided. The advantages and disadvantages of different types of vibration excitors in terms of their application in the conveying screw are given. The requirements for the effective design of the vibration exciter, in particular, the generation of directional vibration and the possibility of automatic control of the vibration exciter are stated. A new design of the vibration exciter, which was granted the patent of the Russian Federation is presented in the paper.

**Key words:** geometry of vibrations, vibration exciter, conveying screw, transported material, material sticking, directed vibration, vibration frequency and amplitude, automatic control of vibration exciter.