

УДК 628.35 – 574.24.044

**А.А. Дерябин, Д.Ю. Проскура, А.И. Федорова, С.Д. Угрюмова**  
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

## **КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВИБРАЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

*Рассмотрены конструктивные особенности вибрационных транспортно-технологических машин, которые используются в рыбоперерабатывающей промышленности, выявлены их достоинства и недостатки. Применение вибрационных машин гораздо перспективнее традиционных средств механизации для решения разнообразных транспортных задач. Принципиальной особенностью вибрационных транспортных машин является возможность совмещения процесса перемещения с технологической обработкой транспортируемого груза. Возможность перемещения продуктов с различными физико-механическими свойствами.*

**Ключевые слова:** *транспортировка, рыба, вибрационные методы, транспортно-технологические машины, механические колебания, вибропривод.*

## **A.A. Deryabin, D.Y. Proskura, A.I. Fedorova, S.D. Ugryumova** **DESIGN FEATURES OF VIBRATION TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL MACHINES**

*Constructive peculiarities of the vibration of transport and technological machines which are used in fish processing industry, identified their strengths and weaknesses. The application of vibrating machines are much more promising traditional means of mechanization for various transportation tasks. The principal feature of vibration transport vehicles is the possibility to combine the process of moving with the technological processing of cargo being transported. Move products with different physical – mechanical properties.*

**Key words:** *transportation, fish, vibration methods, transport and technological machines, mechanical vibrations, vibrooccasion.*

Вибрационная техника и технология коренным образом отличаются от традиционных прототипов. Использование вибрационных принципов при создании машин и освоении рабочих процессов уже в настоящее время позволяет получать ощутимые результаты.

Основными достоинствами вибрационных транспортирующих машин являются:

- возможность перемещения штучных и массовых грузов, начиная от мелкодисперсных материалов и кончая глыбами в поперечнике более 1 м;
- незначительное измельчение перемещаемого груза в процессе транспортирования;
- ничтожный износ грузонесущего органа, даже при перемещении таких высокоабразивных продуктов, как корундовый порошок;
- простота конструкции, почти полное отсутствие трущихся и быстроизнашивающихся деталей, легкость обслуживания и ухода;
- невысокая энергоемкость, безопасность в эксплуатации, простота загрузки и разгрузки в любой точке става.

Возможность применения герметичных грузонесущих органов делает их незаменимыми при перемещении ядовитых, радиоактивных, пылящих, газлирующих, горячих и других труднотранспортируемых грузов [1].

Вибрационные машины широко используют для транспортирования насыпных грузов в различных отраслях промышленности. Получают развитие также транспортно-технологические машины, осуществляющие в процессе транспортирования технологическую обработку

перемещаемого груза (сушку, обеспыливание, классификацию, гранулирование, обезвоживание и т.д.). К вибрационным транспортирующим машинам относятся вибрационные конвейеры, вибрационные питатели и питатели-грохоты, а также вибрационные подъемники и вибрационные бункеры-дозаторы.

Большинство современных вибрационных машин работает в режимах вынужденных колебаний. Использование вынужденных колебаний открывает широкие возможности разработки вибрационного привода, реализующего колебания различного амплитудного и фазового спектра. Возможна работа вблизи обычного резонанса (когда частота колебаний равна частоте вынуждающего воздействия), в режиме супергармонического резонанса (когда имеется ярко выраженная супергармоника, частота которой кратна частоте вынуждающего воздействия), в субгармоническом режиме (когда частота колебаний в целое число раз меньше частоты вынуждающего воздействия), в режиме комбинационного резонанса (когда рационально отношение частоты колебаний к частоте вынуждающего воздействия) [2].

Наиболее широкое применение находят вибрационные транспортирующие машины, работающие в режиме прямолинейных гармонических колебаний. Находят применение также установки, работающие в режиме прямолинейных бигармонических колебаний. В ряде конструкций траекторией грузонесущего органа является эллипс. Конфигурация эллипса существенно зависит от угла сдвига фаз между составляющими и может меняться от прямолинейной до круговой. Разработаны вибрационные транспортирующие машины, работающие в режиме полуволновых гармонических прямолинейных и эллиптических колебаний.

В связи с тем, что особенности принципиального устройства вибрационных транспортирующих машин в значительной степени определяются типом используемого в них привода, структурные схемы рассматривают применительно к электромагнитным, пневматическим, центробежным, эксцентриковым и гидравлическим приводам.

Принцип перемещения продуктов в вибрационных подъемниках аналогичен обычному вибрационному транспортированию, так как их грузонесущий орган в развернутом виде представляет собой прямолинейный грузонесущий орган наклонного конвейера, транспортирующего насыпной груз с подъемом. При этом угол подъема соответствует углу подъема навивки винтового грузонесущего органа.

При выборе угла подъема необходимо учитывать, что с его возрастанием падает производительность подъемника, а при уменьшении (при той же высоте подъема) возрастает длина грузонесущего органа, а следовательно, и его масса.

На вибрационных подъемниках устанавливают центробежные, электромагнитные и эксцентриковые вибровозбудители. Широкое применение получил привод, состоящий из двух самосинхронизирующихся дебалансных вибровозбудителей со встроенными электродвигателями, расположенных с двух сторон от вертикальной оси вибрационного подъемника.

С технологической точки зрения вибрационные машины целесообразно эксплуатировать при низких частотах и больших амплитудах колебаний.

Так, основными достоинствами вибрационных конвейеров, обеспечивающими их эффективное применение в промышленности, являются: отсутствие измельчения перемещаемого груза в процессе транспортирования; ничтожный износ грузонесущего органа; простота конструкции; практически полное отсутствие трущихся и быстроизнашивающихся деталей; легкость обслуживания и ухода, невысокая энергоемкость; безопасность эксплуатации; возможность загрузки и разгрузки в любой точке грузонесущего органа, а также возрастание эффективности при транспортировании под уклон [3].

Вибрационный транспорт, кроме того, оказывается целесообразным при перемещении высокоабразивных, горячих, корродирующих и других агрессивных материалов, так как принцип его работы и конструктивное выполнение, с одной стороны, обуславливают низкую интенсивность износа рабочего органа, а, с другой – позволяют принимать в особых случаях спе-

циальные меры, такие, как установка охлаждающих рубашек, применение устойчивых покрытий и пр. Перемещаемые вибрационными конвейерами насыпные грузы по гранулометрическому составу могут быть весьма различными: от мелкодисперсных (с размером зерна в пределах десятка микрон) до весьма крупнокусковых (диаметром более 1 м), а также штучные.

Простота осуществления автоматизации работы, т.е. регулирования режима транспортирования (скорость движения, интенсивность подбрасывания материала и т.д.) осуществляется в соответствии с процессами, например, сушки или охлаждения. На металлургических заводах, химических предприятиях, заводах железобетонных конструкций, кондитерских фабриках, оптовых складах пищевой промышленности вибрационные конвейеры используют в программных системах для дозированной подачи разнообразных компонентов данного производства [4].

Вибрационные конвейеры применяют для транспортирования на небольшое расстояние (не более 200 м). Наиболее целесообразно применять вибрационные конвейеры большинства типов для транспортирования на расстояние до 50 м, так как в этом случае могут быть использованы более простые в конструктивном отношении и более надежные в эксплуатации одноприводные транспортные установки.

Важным фактором является также направление транспортирования. Например, вибрационные конвейеры с винтовым желобом при перемещении грузов вертикально вверх на небольшую высоту (до 12 м на один привод) в ряде случаев успешно конкурируют с элеваторами и другими установками для вертикального транспортирования.

В то же время в тех случаях, когда необходимо изменить направление транспортирования, можно применять только вибрационные конвейеры, допускающие реверсирование (электромагнитные и уравновешенные с эксцентриковым приводом).

В большинстве конвейеров используют привод, создающий прямолинейную вынуждающую силу, меняющуюся по гармоническому закону. Наиболее простыми в конструктивном отношении и надежными в эксплуатации являются одноприводные одномассные конвейеры, снабженные вибровозбудителями со встроенными электродвигателями. Одномассные вибрационные конвейеры работают в зарезонансном режиме. В этом случае вследствие малой жесткости опорных пружин представляется возможность значительно снизить динамические нагрузки, передаваемые на опорные конструкции.

Широко используют конвейеры с центробежными виброприводами направленного действия. Такие конвейеры состоят из рабочего органа, центробежного вибровозбудителя, рабочей упругой системы и вспомогательных или виброизолирующих пружин. В двухмассных конвейерах вследствие резонансной настройки и динамической уравновешенности колеблющихся частей значительно увеличивается длина грузонесущего органа на один привод. Еще более значительное увеличение длины конвейера может быть обеспечено при установке на него нескольких вибровозбудителей, т.е. в многоприводной машине [5].

Весьма высокие конструктивно-технологические показатели имеют вибрационные конвейеры с реактивными массами. Конвейеры этого типа с центробежными вибровозбудителями выполняют двух модификаций. Принцип действия конвейера первой модификации состоит в следующем. Грузонесущему органу, свободно подвешенному или опертому на мягких винтовых пружинах, с помощью дебалансного вибровозбудителя со встроенными электродвигателями сообщают продольные колебания. При этом соединенным с ним с помощью мягких рессор реактивным массам также сообщаются колебания в горизонтальной плоскости, но направленные в противоположную сторону (со сдвигом фазы  $180^\circ$ ). Конструкция устроена так, что рессора соединяется с реактивной массой не непосредственно, а через резинометаллический упругий элемент, допускающий ее относительное перемещение вдоль рессоры. Жесткость резинометаллического упругого элемента подбирают таким образом, чтобы собственная частота системы была близка к частоте вынужденных колебаний. Так как

рессора расположена не перпендикулярно к направлению колебаний грузонесущего органа, а под меньшим углом, возникает составляющая, которая возбуждает колебания реактивной массы вдоль рессоры. В свою очередь, возмущения, создаваемые на рессоре, обуславливают возникновение поперечных колебаний грузонесущего органа. Результирующие колебания грузонесущего органа складываются из его поперечных и продольных колебаний.

Принцип перемещения продуктов в вибрационных подъемниках аналогичен обычному вибрационному транспортированию, так как их грузонесущий орган в развернутом виде представляет собой прямолинейный грузонесущий орган наклонного конвейера, транспортирующего насыпной груз с подъемом. При этом угол подъема соответствует углу подъема навивки винтового грузонесущего органа.

При выборе угла подъема необходимо учитывать, что с его возрастанием падает производительность подъемника, а при уменьшении – при той же высоте подъема возрастает длина грузонесущего органа, а следовательно, и его масса. Если вибрационный подъемник предназначен только для подъема, то угол наклона грузонесущего органа выбирают исходя из условия обеспечения наибольшей скорости подъема груза при наименьшей длине грузонесущего органа. Если вибрационный подъемник используют для технологических целей (классификации, сушки, химической обработки) или при теплообменных процессах, то угол подъема выбирают в зависимости от требуемой продолжительности пребывания продукта на грузонесущем органе.

На вибрационных подъемниках устанавливают центробежные, электромагнитные и эксцентриковые вибровозбудители. Широкое применение получил привод, состоящий из двух самосинхронизирующихся дебалансных вибровозбудителей со встроенными электродвигателями, расположенных с двух сторон от вертикальной оси вибрационного подъемника. Такая установка вибровозбудителей с расположением их осей под углом к вертикали обеспечивает необходимые винтовые колебания грузонесущему органу.

Проанализировав вибрационные транспортирующие машины и их приводы, была поставлена задача создания вибрационного привода с универсальными параметрами. Главная задача при создании виброприводов – добиться одновременного колебания в вертикальной и горизонтальной плоскостях, что при данном развитии техники практически невозможно [6].

Был выполнен и получен патент на полезную модель № 91987 от 21 октября 2009 г. «Устройство вибрационного перемещения гидробионтов». Решение поставленной задачи достигается путем подбора частоты и амплитуды вибрации в одной или двух плоскостях, а также регулирования угла наклона вибрационного устройства для эффективной подачи сырья. Вибрационное устройство создает вибрационные колебания в горизонтальной или вертикальной плоскостях или одновременно в обоих. Колебания производятся одним электродвигателем. Конструкция данного загрузочного устройства является простой в изготовлении и эксплуатации. Широкий диапазон регулирования скорости подачи (транспортирования) сырья дает возможность использовать устройство в различных по производительности линиях. На основе патента был разработан и установлен экспериментальный стенд.

Продолжением данной работы стал патент на полезную модель № 2012131982/11 (050502) от 25 июля 2012 г. «Устройство вибрационного перемещения гидробионтов». Данная модель хорошо работает при относительно невысоких частотах вибрации. Но при увеличении частоты колебаний рабочая поверхность из-за энергии инерции не успевает возвращаться в первоначальное положение (например, при горизонтальном движении) и уже начинаются вертикальные колебания, что приводит находящееся на рабочей поверхности вибростолы сырье двигаться на одном месте – возникает эффект качелей. Чтобы избежать этого эффекта, было предложено установить на базовой модели демпфирующие устройства и направляющие по горизонтальной оси.

Произведена реконструкция виброподогревающего транспортирующего устройства для вязких сред. Эта задача решается тем, что устройство для транспортирования вязких сред по

трубопроводам состоит из цилиндрического корпуса, на концах которого находятся фланцевые крепления для встраивания устройства в действующий трубопровод. Внутри корпуса находится подвижная полая цилиндрическая втулка с лопатками, закрепленными с помощью шарниров по спиральной линии на внутренней поверхности втулки. Подвижная втулка по торцам подпружинена пружинами, которые упираются в упоры. Снаружи корпуса находится электронагревающий элемент – тен, изолированный от внешней среды теплоизоляционным слоем. Намотанный, как спираль электроплитки, по внешнему контуру устройства с внешней теплоизоляцией для предотвращения теплопотерь. Он может быть один с регулируемой мощностью, или два-три, включаемых вместе (по необходимости). По торцам электроподогревающего элемента находятся электромагниты торроидной формы, управляемые через реле.

Получено положительное решение о выдаче патента на полезную модель «Устройство для транспортирования вязких масс по трубопроводам» (з. № 2014124482/06 (039800), Рг. 16.06.2014 г.).

Преимущества предлагаемого устройства: устройство рассчитано для транспортирования не только жидких, но и вязких сред, разной плотности и вязкости, включая пищевые массы, без изменения их химических свойств; конструкция устройства позволяет интенсифицировать процесс транспортирования путем понижения вязкости продукта без изменения его структуры, за счет одновременного продвижения, подогрева и перемешивания транспортируемой вязкой массы.

### Список литературы

1. Гончаревич, И.Ф. Вибрационная техника в рыбной промышленности / И.Ф. Гончаревич, К.Д. Декин, С.А. Асейнов, К.Д. Декин, С.А. Асейнов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 213 с.
2. Мельников, К.Ю. Влияние колебательных систем на скорость перемещения рыбы / К.Ю. Мельников, А.А. Дерябин, С.Д. Угрюмова // III МНПК «Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения, проблемы, перспективы». – Пенза: НМЦ, 2009. – С. 69–74.
3. Wu Y. Vibration of Hydraulic Machinery / Y. Wu, S. Liu, H-S. Dou. – London: Springer Science+Business Media Dordrecht, 2013. – 500 p.
4. Дерябин, А.А. Исследование влияния вибрационных параметров на действительную скорость транспортирования рыб / А.А. Дерябин, С.Д. Угрюмова, К.Ю. Мельников // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. – Т. 20. – С. 32–38.
5. Проскура, Д.Ю. Особенности теплового и вибрационного воздействия при обработке вязких сред / Д.Ю. Проскура, А.А. Дерябин, С.Д. Угрюмова // Инновационные и современные технологии пищевых производств: материалы МНТК. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2013. – С. 78–81.
6. Дерябин, А.А. Особенности перемещения вязких сред с использованием виброподогревателей / А.А. Дерябин, Д.Ю. Проскура, С.Д. Угрюмова // Фундаментальные и прикладные вопросы естествознания: материалы 56-й Всерос. науч. конф. – Владивосток: ТОВМИ им. С.О. Макарова, ВУНЦ «ВМА», 2013. – Т. 3. – С. 43–47.

**Сведения об авторах:** Дерябин Андрей Анатольевич, старший преподаватель, e-mail: geolog@mail.ru;

Проскура Дмитрий Юрьевич, старший преподаватель, e-mail: dim.proskura@mail.ru;

Федорова Александра Игоревна, аспирант, e-mail: aleksa13@list.ru;

Угрюмова Светлана Дмитриевна, доктор технических наук, профессор, e-mail: aleksa13@list.ru.