

**Bibliography (transliterated):** 1. Gorskij A.I., *Raschet mashin i mehanizmov avtomaticheskikh linij litejnogo proizvodstva.* – M. Mashinostroenie, 1978. – 552 s. 2. Grabovskij A.V. *Udarnoe vzaimodejstvie i dinamicheskie processy v vibroudarnyh mashinah s chastichnym razrusheniem tehnologicheskogo gruzha: dis... kandidata tehn. nauk: 05.02.09 / Grabovskij Andrej Vladimirovich.* – Harkiv, 2010. – 181 s. 3. Barchan Є. М. *Udoskonalennja metodiv rozrahunku ta konstrukcii vibivnoi transportujuchoi mashini dlja formuval'nih linij krupnogo litva : dis. kand. tehn. nauk : 05.02.02 / Barchan Єvgen Mikolajovich.* – Mariupol'. – 2008. – 178 s. 4. Barchan Є.М. *Udoskonalennja metodiv rozrahunku ta konstrukcii vibivnoi transportujuchoi mashini dlja formuval'nih linij krupnogo litva /Є.М. Barchan, I.V. Art'omov, A.V. Grabovs'kij // Visnik NTU “HPI”. Tem. vip.: Mashinoznavstvo ta SAPR.* – 2010. – №19. – S. 18-39. 5. *Analiz dinamicheskikh harakteristik korpusov vibroudarnyh mashin / I.V. Artemov, Ju.V. Kostenko, A.V. Grabovskij i dr. // Vestnik NTU “HPI”. Tem. vyp.: Transportnoe mashinostroenie.* – 2010. – №38. – S. 110-115. 6. *Grabovs'kij A.V. Udarna vzaemodija ta dinamichni procesi u vibroudarnih mashinah z chastkovim rujnuvannjam tehnologichnogo vantazhu: zadachi, metodi, modeli / A.V. Grabovs'kij, Ju.V. Kostenko, I.V. Art'omov // Vestnik NTU “HPI”. Tem. vyp.: Mashinovedenie i SAPR.* – 2011. – № 22. – S. 24-39. 7. *Panovko Ja.G. Vvedenie v teoriju mehanicheskogo udara / Ja.G. Panovko.* – M.: Nauka, 1977. – 224 s.

Артьомов І.В.

### ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИЛОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВІБРОУДАРНИХ МАШИН

Досліджені власні частоти і форми коливань корпусів віброударних великогабаритних машин. Проведено аналіз спектру власних коливань корпусу вибивної машини. Визначені проблемні режими збудження при ударно-імпульсному навантаженні машини, що спричиняють ударний резонанс.

Artyomov I.V.

### DYNAMIC CHARACTERISTICS OF POWER ELEMENTS OF VIBROIMPACT MACHINES

The own frequencies and oscillation modes of vibroimpact giant machines frames are investigated. The analysis of own oscillation spectrum of shake-out-machine frame is conducted. The problem modes of excitation are defined in machine shock-pulse loading, which cause shock resonance.

---

УДК 691.924

Ляшенко В.И.

### АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МАШИН С ВИБРАЦИОННЫМИ ПРИВОДАМИ

**Введение.** Исполнительные механизмы приводов вибрационных машин представляют собой достаточно сложные динамические устройства [1, 2], скомпонованные из двигателя, преобразующего электрическую, гидравлическую или пневматическую энергию источника в механическую; механической передачи, преобразующей параметры движения вала (штока) двигателя в требуемые параметры движения объекта управления; опорных устройств выходного вала.

Исполнительные механизмы, или как их еще называют исполнительные модули, совместно с информационно-управляющими и сенсорными устройствами или модулями образуют автоматическую систему [1]. Сочетание указанных модулей в конце 1970-х годов получило название «мехатроника» [2]. Мехатронные устройства нашли свое широкое применение в медицинской, космической, морской и наземной технике.

Повышение эффективности производства осуществляется по двум направлениям [2]:

- 1) совершенствование технологических процессов производства с использованием новейших достижений науки в конкретной области;
- 2) создание новых рациональных конструкций машин на основе детального исследования и анализа механизмов машин с применением новейших методов расчета.

В соответствии с большим разнообразием производственных машин, отличающихся друг от друга структурной схемой передачи энергии к рабочим органам, приводы можно разделить на три группы [2]: групповые; индивидуальные; многодвигательные. Групповые приводы, в которых заложен принцип механической передачи и распределения энергии от электродвигателя к рабочим или исполнительным звеньям, являются устаревшими. Современные машины, как правило, оборудованы индивидуальными приводами на каждый механизм с максимальным сокращением сложных трансмиссий и передач, что значительно повышает надежность машин и сокращает их металлоемкость.

Для осуществления необходимого движения и скоростного режима рабочих звеньев машины применяются соответствующие системы автоматического управления приводами [3]: пуск, торможение, реверс, изменение скорости, поддержание постоянных момента и скорости, автоматизация цикла и т. д. В настоящее время интенсификация производственных процессов немыслима без широкого внедрения автоматизированных систем приводов. В металлургических машинах применяются [4]: электрические; гидравлические; пневматические; гидропневматические приводы.

Основным типом привода в машинах металлургического производства, как и в других отраслях промышленности, является электрический привод. Электрический привод состоит из электродвигателя, комплекса аппаратуры для управления и промежуточной механической передачи для снижения скорости рабочего звена механизма. Благодаря высокому коэффициенту полезного действия, простоте конструкции и управления, надежности и экономичности в работе, возможности изготовления любой мощности электродвигателя электрический привод относится к наиболее распространенным приводам.

Для многих металлургических машин и механизмов нормальным является повторно-кратковременный режим их работы с частыми пусками, резкими реверсами, быстрыми остановками, а также широкий диапазон изменения скорости. От работы таких приводов в значительной мере зависит производительность машин, ее долговечность и надежность. Поэтому в таких машинах применяют специальные электродвигатели металлургического типа [5], обладающие высокими параметрами по механической прочности и перегрузочной способности и имеющие небольшие моменты инерции.

Гидравлический привод используется в механизмах, работающих в тяжелых условиях. По сравнению с электроприводом гидропривод обладает следующими преимуществами: плавное регулирование (бесступенчатое) скорости движения, большая перегрузочная способность, меньшая масса и габариты, снижение динамических нагрузок в механизме, отсутствие предохранительных устройств от перегрузки и др.

Пневматический привод характеризуется простотой конструкции, широким диапазоном регулирования скорости, небольшими габаритами и массой, плавностью работы. Однако его мало применяют из-за низкого к. п. д., высокой стоимости и др.

Перспективным является применение гидропневматических приводов, обладающих гибкостью управления и регулирования, отсутствием насосных установок.

Выше была приведена общая характеристика приводов, используемых на металлургических машинах. Далее необходимо рассмотреть машины и приводы из области, наиболее близкой к тематике данной статьи. Речь идет о машинах вибрационной обработки.

**Анализ существующих машин.** В начале семидесятых годов появились работы, в которых приводятся результаты обработки деталей на специальных вибрационных машинах.

К таким машинам нужно отнести в первую очередь вибромашину с резонансным виброусилителем и установки с большими амплитудами колебаний [6], которые достигают 20 мм. Рабочим движением при виброабразивной обработке является колебательное перемещение абразивного инструмента относительно неподвижно закрепленных или свободно движущихся обрабатываемых деталей, которые подвергаются обработке в виброабразивной установке.

Вибрационный станок [7], содержащий упруго установленные на основании контейнер и вибратор, состоит из жестко связанного с контейнером корпуса, внутри которого расположен вертикальный вал с установленной на нем по скользящей посадке гильзой. Гильза смонтирована в размещенных в корпусе вибратора подшипниковых опорах. При этом в нижней части вибратора расположена с возможностью регулируемого изменения углового положения посредством фиксаторов пара балансных грузов, один из которых жестко связан с вертикальным валом, а другой жестко связан с гильзой. Причем, в верхней части вибратора расположены с возможностью регулируемого взаимного углового расположения посредством фиксаторов пара дебалансных грузов и стопорная муфта. С целью улучшения условий эксплуатации пара дебалансных грузов, расположенная в верхней части вибратора, свободно установлена на гильзе. Стопорная муфта жестко закреплена на последней, при этом фиксаторы выполнены в виде зубьев, расположенных на торцевых частях дебалансных грузов и стопорной муфты. К недостаткам данной конструкции можно отнести сложность ее кинематики.

Станок [8] для вибрационной обработки деталей содержит барабан, установленный с возможностью поворота на роликовых опорах, размещенных на упруго установленной платформе с вибратором. С целью повышения производительности и качества обработки устройство снабжено закрепленным внутри барабана прямоугольным контейнером, стенки которого установлены с возможностью возвратно-поступательного перемещения и средством для закрепления обрабатываемых деталей, размещенных внутри контейнера. Детали и рабочую среду помещают в контейнер, которому сообщают колебания. При этом амплитуду и частоту колебаний изменяют в процессе обработки с помощью гибко регулируемого привода.

Устройство [9] для вибрационной обработки внутренних поверхностей деталей содержит упруго установленную на основании виброплатформу с вибратором и рабочим органом и привод вращения. Рабочий орган выполнен в виде двух цилиндрических контейнеров с расположенными на их наружных поверхностях функциональными катками. При этом привод вращения снабжен водилом, установленным перпендикулярно оси вращения вала привода, а контейнеры установлены на свободных концах водила посредством введенных в устройство опор вращения. Причем фрикционные катки кинематически связаны с виброплатформой с возможностью обеспечения планетарного вращения контейнеров. При этом устройство снабжено механизмом регулирования угла наклона виброплатформы. К недостаткам данной конструкции можно отнести сложность ее кинематики, а именно наличие избыточных связей и как следствие – сложность в изготовлении.

Вибрационный станок [10] для обработки деталей содержит двигатель, упруго установленную на основании платформу с контейнером тороидальной формы, вибратор и разгрузочное устройство, выполненное в виде соединенной с контейнером цилиндрической горловины с крышкой. Станок снабжен дебалансным валом, соединенным с двигателем и размещенным в центральном отверстии камеры. Причем вал выполнен ступенчатым, а вибратор в виде двух дебалансов, один из которых жестко установлен на верхней ступени вала, второй выполнен с фиксатором и установлен на его нижней ступени с возможностью переустановки относительно верхнего дебаланса. При этом горловина присоединена к контейнеру по касательной, а внутренний радиус горловины равен радиусу кривизны поперечного сечения тороидальных поверхностей контейнера. На торце нижней ступени дебалансного вала выполнены две дуговые вилки, предназначенные для контакта с фиксатором нижнего дебаланса. При этом послед-

ний выполнен в виде кулачка с дуговой выемкой, смонтированной на оси, размещенной в выполненном в нижнем дебалансе отверстия.

Представляет интерес устройство [11] для вибрационной обработки мелких массовых деталей путем обеспечения непрерывного изменения положения неуравновешенных масс в пространстве. Устройство для вибрационной обработки деталей состоит из основания 1 (рис. 1), на котором посредством пружин 2 закреплена платформа 3 с камерой 4. На платформе установлен электродвигатель 5, посредством муфты 6 соединенный с вибратором, состоящим из ведущего вала 7, на котором неподвижно посажено ведущее коническое колесо 8, входящее в зацепление с сателлитами 9, свободно установленными на цапфах 10 водила 11, имеющего полуу ступицу 12, свободно установленную на ведущем валу 7. На ступице водила подвижно установлено ведомое коническое колесо 13, входящее в зацепление с сателлитами 9. Ступица со стороны ведомого конического колеса имеет фланец 14, взаимодействующий с регулируемым подпружиненным фрикционным элементом 15, для регулирования усилия прижатия, для которого служит фланец 16 со ступицей 17, связанной с платформой 3. Ведущее и ведомое конические колеса имеют неуравновешенные массы 18 и 19. Сателлиты также имеют неуравновешенные массы 20, центры которых лежат в одной плоскости, но по разные стороны цапф водила.

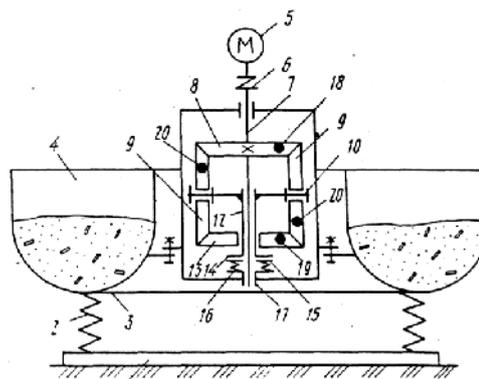


Рис. 1. Устройство для вибрационной обработки деталей

Вращение от электродвигателя через муфту передается на ведущий вал вибратора с ведущим коническим колесом, которое передает вращение сателлитам и ведомому коническому колесу. В начальный момент водило неподвижно, поскольку оно удерживается подпружиненным фрикционным элементом. Возмущающие силы от неуравновешенных масс ведущего и ведомого конических колес действуют в горизонтальной плоскости, а возмущающие силы от неуравновешенных масс сателлитов создают момент, направление вектора которого изменяется в пространстве. Это происходит следующим образом. В момент времени, когда центры неуравновешенных масс находятся в осевой плоскости ведущего вала, совпадающей с плоскостью чертежа, возмущающий момент через водило и его ступицу передается на платформу, вызывая угловые колебания. При этом усилие прижатия фрикционного элемента к фланцу ступицы водила должно создавать момент трения меньше момента вращения от возмущающих сил неуравновешенных масс сателлитов. Кроме того, дополнительный периодический поворот водила, складываясь с поворотом сателлитов, изменяет угловую скорость ведомого конического колеса. Таким образом, ведомое коническое колесо вращается с переменной угловой скоростью, т.е. происходит изменение по величине и направлению равнодействующих возмущающих сил неуравновешенных масс ведущего и ведомого конических колес. В результате действия возмущающих силовых факторов, переменных по направлению и величине, платформа с рабочей камерой совершает сложные пространственные колебания.

Главным недостатком данной конструкции является сложность изготовления конических колес со смещенным центром тяжести и, как следствие, малая ремонтпригодность привода.

Устройство [12] для вибрационной обработки деталей свободным абразивом содержит упруго установленный контейнер и дебалансный вибровозбудитель.

Контейнер выполнен сферическим и снабжен центральной вертикальной балкой, на которой в верхней части шарнирно установлен привод с дебалансным вибровозбудителем

с возможностью углового колебательного движения.

Вибрационный станок (рис. 2) состоит из упругих элементов 1, на которых установлен сферический контейнер 2. Внутри контейнера смонтирована центральная вертикальная балка 3, на верхнем конце которой закреплен посредством шарнира 4 привод (электродвигатель) 5 с дебалансным вибровозбудителем 6, с возможностью угловых колебаний, определяемых ограничителем 7. В контейнер 2 засыпается рабочая среда 8 совместно с деталями 9. Работает станок следующим образом. После запуска электродвигателя 5 под действием вибровозбудителя 6 контейнер 2 приобретает колебательное движение совместно с рабочей средой 8 и обрабатываемыми деталями 9. Поскольку электродвигатель 5 с вибровозбудителем 6 установлен на балке 3 шарнирно, то они будут совершать и угловые колебания, передаваемые через ограничитель 7 и балку 3 контейнеру 1 в виде импульса, что интенсифицирует процесс движения рабочей среды 8. Технические преимущества данного вибрационного станка заключаются в том, что достигнуто интенсифицированное перемещение рабочей среды за счет колебаний электродвигателя с вибровозбудителем; снижена устойчивость контейнера относительно основания, поскольку двигатель с вибровозбудителем установлены выше центра тяжести станка; исключено загрязнение электродвигателя и вибровозбудителя рабочей средой или жидкостью, поскольку они расположены выше уровня последних.

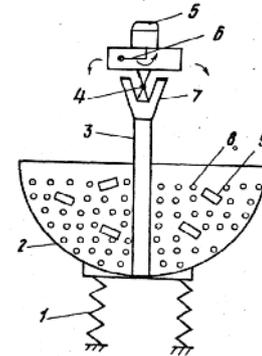


Рис. 2 Устройство для вибрационной обработки деталей

На рис. 3 представлена виброцентробежная установка, состоящая из рабочей камеры 1, снабженной механизмами вертикального перемещения 2, шарнирно установленной в поворотном кольце 3, которая приводится в сложное колебательное движение приводным механизмом. Механизм привода задает водилу 4 через кривошип 5 вращательное или плоско-параллельное движение, которое при помощи карданного подвеса преобразуется в двухкомпонентные угловые колебания рабочей камеры.

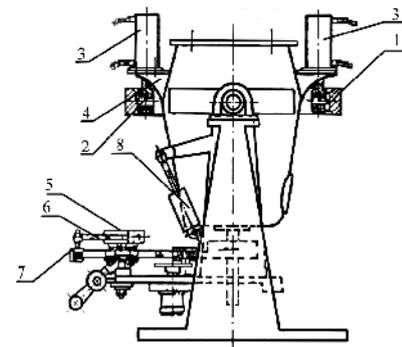


Рис. 3. Виброцентробежная установка [13]

В представленной конструкции величина центробежных сил изменяется от 0 у центра рабочей камеры до максимума у периферии, что не позволяет в полной мере использовать положительное влияние центробежных сил на процесс обработки.

Устройство [14] для виброцентробежной обработки (рис. 4) имеет привод, два полубарабана, свободно установленных на цилиндрической вставке, закрепленной в карданном подвесе. Полубарабаны посредством карданных передач кинематически связаны с сателлитами планетарных зубчатых механизмов, причем один сателлит связан внешним зацеплением с неподвижным, центральным колесом, а другой - внутренним зацеплением с неподвижным центральным колесом.

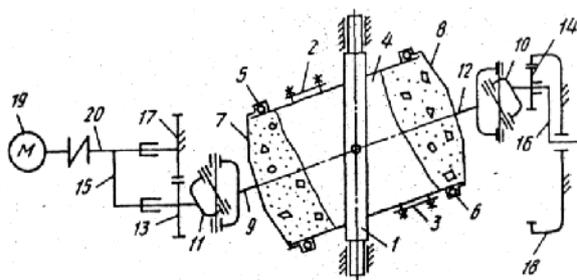


Рис. 4. Установка для виброцентробежной обработки [14]

Размещение полубарабанов с возможностью вращения в цилиндрической вставке и соединение их при помощи карданных передач с сателлитами планетарных зубчатых передач (механизмов) обеспечивает встречное вра-

шение полубарабанов. Установка цилиндрической вставки в карданном подвесе обеспечивает колебательное движение вставки, при котором ее ось описывает конус, в результате чего при помощи карданной передачи, сателлита и неподвижного центрального колеса приводится во вращение второй полубарабан. Таким образом, для привода двух полубарабанов используется лишь один привод.

Устройство состоит из установленной в карданном подвесе 1 и снабженной загрузочным 2 и выгрузочным 3 люками цилиндрической вставки 4. С торцов вставки 4 подвижно установлены при помощи опор 5 и 6 полубарабаны 7 и 8, снабженные валами 9 и 10. Валы 9 и 10 при помощи карданных передач 11 и 12 кинематически связаны с сателлитами 13 и 14, подвижно установленными на водилах 15 и 16. Сателлит 13 внешним зацеплением связан с неподвижным центральным колесом 17, а сателлит 14 внутренним зацеплением связан с неподвижным центральным колесом 18. Водило 15 приводится во вращение электродвигателем 19 и ведущим валом 20, с которым водило 15 соединено жестко. Использование в качестве привода полубарабанов 7 и 8 планетарных механизмов 13-17 с внешним зацеплением и 14-18 с внутренним зацеплением обеспечивает встречное движение полубарабанов 7 и 8. Устройство работает следующим образом. Обработываемая среда и детали загружаются через люк 2 в рабочий объем, образованный цилиндрической вставкой 4 и полубарабанами, после чего закрывается люк 2 и включается электродвигатель 19. Вращение от электродвигателя 19 передается ведущему валу 20 и водилу 15, в результате чего сателлит 13, обогнав неподвижное колесо 17, вращается вокруг своей оси, передавая это движение через карданную передачу 11 полубарабану 7. Вращательное движение водила 15 посредством передачи 13-17 и карданного подвеса 1 преобразуется в колебательное движение цилиндрической вставки 4, при котором ось цилиндрической вставки 4 описывает конус, в результате чего при помощи карданной передачи 12, сателлита 14 и неподвижного центрального колеса 18 преобразуется во вращательное движение полубарабана 8. Направление этого движения противоположно направлению вращения полубарабана 7.

Машина [15] для центробежной абразивной обработки деталей содержит водило в виде диска с расположенными по окружности гнездами. Водило смонтировано с возможностью вращения вокруг неподвижной горизонтальной оси и соединено с планетарным механизмом вращения, который включает в себя центральное зубчатое колесо, закрепленное на оси водила, и приводные контейнеры со съемной торцевой крышкой, установленные с возможностью вращения в гнездах водила. С целью повышения работоспособности и долговечности оно снабжено двумя электромагнитными муфтами, ременной передачей с ведущими и ведомыми шкивами и приводным валом, расположенным параллельно оси водила. Причем центральное зубчатое колесо планетарного механизма выполнено заодно с ведомым шкивом ременной передачи и свободно установлено на оси водила с возможностью фиксации на нем электромагнитной муфты, жестко соединенной с осью водила. А ведущий шкив ременной передачи свободно установлен на приводном валу с возможностью фиксации на нем второй электромагнитной муфты, жестко закрепленной на приводном валу. Внутренняя полость контейнеров выполнена с эксцентриситетом.

Устройство [16] для обработки деталей содержит корпус с размещенным в нем с возможностью вращения валом и ротором, заполненным свободным абразивом и держателями для обрабатываемых деталей. Дополнительно оно снабжено валом с тормозным устройством, расположенным параллельно валу ротора с эксцентриситетом по отношению к нему и установленным на дополнительном валу барабаном с держателями для обрабатываемых деталей. Причем внутри ротора расположена закрепленная чаша с отверстием в обечайке для прохода держателей с обрабатываемыми деталями.

Станок центробежный [17] содержит неподвижный кольцевой корпус, вращающееся дно и приспособления для установки деталей. Станок снабжен узлом вертикаль-

ного перемещения приспособления для установки деталей. Приспособление выполнено в виде эластичных шнуров. При этом конец верхнего шнура связан с введенной в станок пружиной, а нижний шнур установлен с возможностью намотки.

Устройство [18], предназначенное для центробежной объемной обработки деталей, содержит размещенный на станине контейнер чашеобразной формы, установленный с возможностью вращения. В центральной части контейнера расположен выступ с ребрами и лопатки с отверстиями на них, выполненные из листового материала и установленные на станине с возможностью прилегания одной из кромок к стенке контейнера.

Центробежный станок [19] состоит из неподвижного корпуса и вращающегося дна, установленного с возможностью вертикального перемещения. Корпус выполнен в виде двух кольцевых обечаек разного диаметра, жестко соединенных между собой конусной обечайкой. При этом кольцевая обечайка меньшего диаметра расположена в нижней части корпуса.

В центробежно-планетарных машинах контейнеры движутся планетарно: вращаются вокруг собственных осей и относительно центральной оси. Предусматривается, как правило, несколько контейнеров, иначе подобная машина становится источником низкочастотных колебаний. Поскольку центробежные силы, действующие на загружаемые детали и абразив, превышают по величине гравитационные силы на порядок и более, для работы таких установок несущественно расположение центральной оси в вертикальной или в горизонтальной плоскости. Требуемое соотношение между частотами вращения барабанов вокруг собственной и центральной осей обеспечивается специальными кинематическими цепями или отдельными приводами [20].

Центробежно-планетарная установка [15] для абразивной обработки деталей содержит вращающиеся контейнеры и корпус, в котором установлено водило с шарнирно вмонтированными шпинделями контейнеров, расположенными под углом к оси водила. Для упрощения конструкции и повышения надежности установка снабжена кольцом, установленным в корпусе, и бандажами, смонтированными на шпинделях. При этом внутренняя поверхность кольца и наружная поверхность бандажей, контактирующих между собой, выполнены под углом к оси водила, а продолжение образующих указанных поверхностей и осей шпинделей совмещены в одной точке на оси водила. Причем контейнеры расположены в гнездах, выполненных в шпинделях.

Планетарный центробежный станок [21] предназначен для обработки деталей свободным абразивом. Станок снабжен узлом фиксированного поворота контейнеров, выполненным в виде установленных с возможностью перемещения полумуфт с вилками, смонтированных на радиально расположенных в горизонтальной плоскости осях, установленных на водиле, несущих неподвижные муфты, смонтированные с возможностью взаимодействия с полумуфтами вилок. При этом контейнеры установлены в упомянутых вилках и снабжены съемными крышками, одна половина которых выполнена перфорированной, а другая установлена с возможностью продольного перемещения на введенной в станок направляющей.

Машина [22] предназначена для центробежно-планетарной обработки деталей. В ее корпусе расположено водило, несущее подвижную и неподвижную платформы со шпинделями для размещения съемных контейнеров. С целью повышения надежности машина снабжена рычагом с вертикальной стойкой, несущей захват для контейнеров. При этом рычаг смонтирован на корпусе с возможностью качания в горизонтальной плоскости посредством введенного в устройство шарнира. Захваты установлены с возможностью поворота вертикальной поверхности и снабжены раздвижными губками, предназначенными для размещения в кольцевом зазоре, предусмотренном между стенкой контейнера и его торцевыми обечайками.

В центробежно-ротационных установках контейнер имеет вертикальную ось и выполняется составным. Он содержит вращающееся дно и неподвижную обечайку, об-

разную стенку контейнера.

Как следует из обзора существующих машин и приводов металлургического оборудования и, в частности, зачистных установок, работоспособность, долговечность, надежность и эффективность различных машин неодинакова. В представленную ниже табл. 1 были занесены обобщенные данные по наиболее распространенным вибрационным машинам, в которых в качестве движущей силы используется механическая энергия привода.

Таблица 1

Механические характеристики приводов различных зачистных машин

№ п п	Приводы машин	Характеристики машин				
		Стойкость рабочих органов	Надежность кинематики	Универсальность	Безвредность	Бесшумность
1	Вибрационный	0	-1	+1	0	-1
2	Виброшпиндельный	0	0	0	0	-1
3	Импеллерный	-1	0	0	+1	-1
4	Центробежно-планетарный	-1	0	0	+1	0

Примечание: в таблице под знаком "+1" подразумевается высокое значение, под знаком "-1" низкое значение, знак "0" означает среднее значение рассматриваемых характеристик.

Вопросам исследования кинематики виброприводов машин, а следовательно и исследованиям стойкости рабочих органов машин посвящен целый ряд работ [23]. Они основываются и неразрывно связаны с выявленными основными закономерностями, наблюдаемыми в процессе исследования машин и раскрыты в работах А.П. Бабичева [11], Л.А. Глейзера [24], В.Н. Кашеева [25] и других работах.

**Выводы.** Анализ современных работ по вибрационным машинам показывает, что на данном этапе еще нет универсальных машин, которые при всех достоинствах процесса обработки показывали бы высокие результаты в надежности и долговечности рабочих органов и приводов в частности. Все это происходит потому, что во время построения новой машины, досконально изучаются лишь процессы, происходящие в рабочей камере машины во время ее работы.

**Литература:** 1. Алферов В.И. Центробежно-ротационные каскадные установки для обработки деталей / В.И. Алферов, В.О. Трилисский // Вестник машиностроения. – 1987. – № 4, – С. 64–65. 2. Ананьев И.В. Справочник по расчету собственных колебаний упругих систем / И.В. Ананьев. – М.: ОГИЗ, 1946. – 224 с. 3. Андреев А.В. Расчет деталей машин при сложном напряженном состоянии / А.В. Андреев. – М.: Машиностроение, 1981. – 216 с. 4. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя / В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 1979. – 1844 с. 5. Динамика машин и управление машинами: Справочник / В.К. Асташев, В.И. Бабицкий, И.И. Вульфсон и др. / Под ред. Г.В. Крейнина. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с. 6. А.с. 4838193/08 СССР, 5В24В 31/06. Устройство для вибрационной обработки / Б.И. Лугинин, В.М. Роговой (СССР). – № 1824294; Заявлено 1990; Оpubл. 1993, Бюл. №24. 7. А.с. 1657352 СССР, 5В24В 31/073. Вибрационный станок / А.П. Бабичев, В.С. Сердюков, М.А. Тамарин, И.Г. Варламов, А.А. Романов (СССР). – № 1657352; Заявлено 1988; Оpubл. 1991, Бюл. №23. 8. А.с. 4890222/08 СССР, 5В24В 31/06. Устройство для вибрационной обработки / Р.М. Халимулин (СССР). – № 1808665; Заявлено 1990; Оpubл. 1993, Бюл. №14. 9. А.с. 4887536/08 СССР, 5В24В 31/06. Устройство для вибрационной обработки / Б.И. Лугинин, В.М. Роговой, А.П. Бабичев, № 1818203; Заявлено 1990; Оpubл. 1993, Бюл. №20. 10. А.с. 5002253/08 СССР, 5В24В 31/073. Вибрационный станок / А.А. Черноземов, № 2014204; Заявлено 1991; Оpubл. 1994, Бюл. №11. 11. А.с. 4653478/08 СССР, 5В24В 31/073. Устройство для вибрационной обработки / А.П. Бабичев, В.М. Мороз, Н.В. Пикула, А.М. Кондратюк, С.Б. Пикула (СССР). – № 1689038; Заявлено 1989; Оpubл. 1991, Бюл. №41. 12. А.с. 5006055/08 СССР, 5В24В 31/06. Вибрационный станок /

Р.М. Халимулин (СССР). – №2005048; Заявлено 1991; Оpubл. 1993, Бюл. №47. 13. Вибрационные станки для обработки деталей / Бабичев А.П., Трунин В.Б., Самодумский Ю.М., Устинов В.П. – М.: Машиностроение, 1988. – 165с. 14. А.с. 4873752/08 СССР, 5В24В 31/108. Устройство для виброцентробежной обработки / В.М. Мороз, Н.В. Пикула (СССР). – № 17810084; Заявлено 1990; Оpubл. 1992, Бюл. №46. 15. А.с. 3619918/08 СССР, 5В24В 31/104. Центробежно-планетарная установка / Е.С. Первушин, В.А. Дьячков, М.Ф. Кузьмин, Х.М. Муртазин (СССР). – № 1652044; Заявлено 1983; Оpubл. 1991, Бюл. №20. 16. А.с. 97108492/02 СССР, 5В24В 31/104. Устройство для обработки деталей в центробежно-уплотненной среде / М.И. Ильин, С.В. Портнов (СССР). – № 2147505; Заявлено 1997; Оpubл. 2000, Бюл. №11. 17. А.с. 4884901/08 СССР, 5В24В 31/104. Устройство для вибрационной обработки / Р.М. Халимулин, Ф.С. Юнусов, Р.Р. Исмагилов (СССР). – № 2014983; Заявлено 1990; Оpubл. 1994, Бюл. №12. 18. А.с. 4398479/08 СССР, 5В24В 31/104. Устройство для центробежной объемной обработки / В.В. Кисляков (СССР). – № 2009858; Заявлено 1991; Оpubл. 1994, Бюл. №6. 19. А.с. 4926268/08 СССР, 5В24В 31/104. Устройство для вибрационной обработки / Р.М. Халимулин, Ф.С. Юнусов, Р.Р. Исмагилов (СССР). – № 2011508; Заявлено 1991; Оpubл. 1994, Бюл. №8. 20. Ситников Б.Т., Алферов В.Н., Михеев И.И. Обработка деталей в центробежно-ротационных установках // Вестник машиностроения. – 1986. – №2. – с.78–79. 21. А.с. 4668400/08 СССР, 5В24В 31/104. Планетарный центробежный станок / И.В. Танасюк, А.П. Бурмистенков, В.А. Ломака, В.В. Пономаренко (СССР). – № 1703411; Заявлено 1989; Оpubл. 1991, Бюл. №1. 22. А.с. 4944571/08 СССР, 5В24В 31/104. Устройство для центробежно-планетарной обработки деталей / Е.С. Первушин, М.Ф. Кузьмин, В.Ф. Фролов (СССР). – № 2022764; Заявлено 1991; Оpubл. 1994, Бюл. №21. 23. Зарубежное оборудование для отделочно-зачистной обработке деталей высокопроизводительными методами. – М.: Машиностроение, 1986. – 37с. 24. Глейзер Л.А. О сущности процесса круглого шлифования / Л.А. Глейзер // Вопросы точности в технологии машиностроения. – М., 1959. – С.5-24. 25. Кащеев В.Н. Абразивное разрушение твердых тел / В.Н. Кащеев. – М.: Наука, 1990. – 247с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Alferov V.I. Centrobezhno-rotacionnye kaskadnye ustanovki dlja obrabotki detalej / V.I. Alferov, V.O. Trilisskij // Vestnik mashinostroenija. – 1987. – № 4, – S. 64–65. 2. Anan'ev I.V. Spravochnik po raschetu sobstvennyh kolebanij uprugih sistem / I.V. Anan'ev. – М.: OGIZ, 1946. – 224 s. 3. Andreev A.V. Raschet detalej mashin pri slozhnom naprya-zhenom sostojanii / A.V. Andreev. – М.: Mashinostroenie, 1981. – 216 s. 4. Anur'ev V.I. Spravochnik konstruktora-mashinostroitelja / V.I. Anur'ev. – М.: Mashinostroenie, 1979. – 1844 s. 5. Dinamika mashin i upravlenie mashinami: Spravochnik / V.K. Astashev, V.I. Babickij, I.I. Vul'fson i dr. / Pod red. G.V. Krejnina. – М.: Mashinostroenie, 1988. – 240 s. 6. А.с. 4838193/08 SSSR, 5V24V 31/06. Ustrojstvo dlja vibracionnoj obrabotki / B.I. Luginin, V.M. Rogovoj (SSSR). – № 1824294; Zajavleno 1990; Opubl. 1993, Bjul. №24. 7. А.с. 1657352 SSSR, 5V24V 31/073. Vibracionnyj stanok / A.P. Babichev, V.S. Serdjukov, M.A. Tamarin, I.G. Varlamov, A.A. Romanov (SSSR). – № 1657352; Zajavleno 1988; Opubl. 1991, Bjul. №23. 8. А.с. 4890222/08 SSSR, 5V24V 31/06. Ustrojstvo dlja vibracionnoj obrabotki / R.M. Halimulin (SSSR). – № 1808665; Zajavleno 1990; Opubl. 1993, Bjul. №14. 9. А.с. 4887536/08 SSSR, 5V24V 31/06. Ustrojstvo dlja vibracionnoj obrabotki / B.I. Luginin, V.M. Rogovoj, A.P. Babichev, № 1818203; Zajavleno 1990; Opubl. 1993, Bjul. №20. 10. А.с. 5002253/08 SSSR, 5V24V 31/073. Vibracionnyj stanok / A.A. Chernozemov, № 2014204; Zajavleno 1991; Opubl. 1994, Bjul. №11. 11. А.с. 4653478/08 SSSR, 5V24V 31/073. Ustrojstvo dlja vibracionnoj obrabotki / A.P. Babichev, V.M. Moroz, N.V. Pikula, A.M. Kondratjuk, S.B. Pikula (SSSR). – № 1689038; Zajavleno 1989; Opubl. 1991, Bjul. №41. 12. А.с. 5006055/08 SSSR, 5V24V 31/06. Vibracionnyj stanok / R.M. Halimulin (SSSR). – №2005048; Zajavleno 1991; Opubl. 1993, Bjul. №47. 13. Вибрационные станки для обработки деталей / Бабичев А.П., Трунин В.Б., Самодумский Ю.М., Устинов В.П. – М.: Машиностроение, 1988. – 165с. 14. А.с. 4873752/08 SSSR, 5V24V 31/108. Устройство для виброцентробежной обработки / В.М. Мороз, Н.В. Пикула (СССР). – № 17810084; Заявлено 1990; Оpubл. 1992, Бюл. №46. 15. А.с. 3619918/08 SSSR, 5V24V 31/104. Centrobezhno-planetarnaja usta-novka /

*E.S. Pervushin, V.A. D'jachkov, M.F. Kuz'min, H.M. Murtazin (SSSR).– № 1652044; Zajavleno 1983; Opubl. 1991, Bjul. №20. 16. A.s. 97108492/02 SSSR, 5V24V 31/104. Ustrojstvo dlja obrabotki detalej v centrobezhno-uplotnennoj srede / M.I. Il'in, S.V. Portnov (SSSR).– № 2147505; Zajavleno 1997; Opubl. 2000, Bjul. №11. 17. A.s. 4884901/08 SSSR, 5V24V 31/104. Ustrojstvo dlja vibracionnoj obrabotki / R.M. Halimulin, F.S. Junusov, R.R. Ismagilov (SSSR).– № 2014983; Zajavleno 1990; Opubl. 1994, Bjul. №12. 18. A.s. 4398479/08 SSSR, 5V24V 31/104. Ustrojstvo dlja centrobezhnoj obrabotki / V.V. Kisljakov (SSSR).– № 2009858; Zajavleno 1991; Opubl. 1994, Bjul. №6. 19. A.s. 4926268/08 SSSR, 5V24V 31/104. Ustrojstvo dlja vibracionnoj obrabotki / R.M. Halimulin, F.S. Junusov, R.R. Ismagilov (SSSR).– № 2011508; Zajavleno 1991; Opubl. 1994, Bjul. №8. 20. Sitnikov B.T., Alferov V.N., Miheev I.I. Obrabotka detalej v centrobezhno–rotacionnyh ustanovkah // Vestnik mashinostroenija.– 1986.– N2.– s.78–79. 21. A.s. 4668400/08 SSSR, 5V24V 31/104. Planetarnyj centrobezhnyj stanok / I.V. Tanasjuk, A.P. Burmistenkov, V.A. Lomaka, V.V. Ponomarenko (SSSR).– № 1703411; Zajavleno 1989; Opubl. 1991, Bjul. №1. 22. A.s. 4944571/08 SSSR, 5V24V 31/104. Ustrojstvo dlja centrobezhno–planetarnoj obrabotki detalej / E.S. Pervushin, M.F. Kuz'min, V.F. Frolov (SSSR).– № 2022764; Zajavleno 1991; Opubl. 1994, Bjul. №21. 23. Zarubezhnoe oborudovanie dlja otdelochno–zachistnoj obrabotki detalej vysokoproizvoditel'nymi metodami.– M.: Mashinostroenie, 1986.– 37s. 24. Glejzer L.A. O suwnosti processa kruglogo shlifovanija / L.A. Glejzer // Voprosy tochnosti v tehnologii mashinostroenija.– M., 1959. – S.5–24. 25. Kaweev V.N. Abrazivnoe razrushenie tverdyh tel / V.N. Kaweev. – M.: Nauka, 1990.– 247s.*

Ляшенко В.І.

#### АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МАШИН З ВІБРАЦІЙНИМИ ПРИВОДАМИ

Наведений детальний аналіз існуючих машин з вібраційними приводами. Вказані їх достоїнства і недоліки.

Liashenko V.I.

#### ANALYSIS OF EXISTING MACHINES WITH VIBRATORY DRIVING GEARS

The detailed analysis of existent machines is resulted with oscillation drives. Their dignities and failings are indicated.

---

УДК 621. 221

Панамарьова О. Б.

#### УЗАГАЛЬНЕНИЙ КРИТЕРІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ГІДРОАГРЕГАТА ЖИВЛЕННЯ ГІДРОСИСТЕМ

**Вступ.** Проектування гідроагрегата живлення (ГАЗ) високого технічного рівня – комплексний і багатоаспектний процес, при якому базові значення технічних показників повинні відповідати значенням, які характеризують його технічне вдосконалення. Керування технічним рівнем на стадії проектування зводиться до вибору раціональних параметрів або рішення задач оптимізації. Останнє виконується за рахунок розрахунку чи вибору параметрів ГАЗ або його елементів по одному чи за декількома критеріями, які є суттєвими для забезпечення відповідності необхідним показникам технічного рівня при заданих обмеженнях і граничних умовах. Наявність узагальнених критеріїв технічної ефективності дає можливість при проектуванні значно скоротити кількість варіантів конструкції ГАЗ, відкидаючи вже на попередніх стадіях інженерної розробки «слабкі» рішення, зосередив увагу на найбільш ефективних варіантах.