

## КОНСТРУКЦИЯ И РАСЧЕТ КАВИТАЦИОННОГО ВИБРАТОРА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН

*Кавитациялык дүрбөөлү жумушчу суюктуктуктун кеңири диапазонунда турактуу серпилишин камсыз кылат жана курулуш өндүрүшүндө ийгиликтүү колдонулса болот.*

*Кавитационный вибратор обеспечивает получение устойчивых колебаний рабочей жидкости в широком диапазоне частот и успешно может быть использован в строительном производстве.*

*The Kavitation vibrator provides reception of steady fluctuations of a working liquid in a wide range of frequencies and can be successfully used in building manufacture.*

Задача совершенствования конструкции кавитационных вибраторов состоит в повышении эффективности и надежности работы вибраторов за счет создания многократно повторяющегося явления гидродинамической кавитации и расширения диапазона генерируемых колебаний /1/.

Данное устройство может быть предназначено для использования в строительном производстве, а именно, для диспергирования рабочей жидкости гидросистем, уплотнения смесей, а также в качестве вибровозбудителя рабочих органов землеройных машин, работающих на суше и под водой /2, 3/.

Поставленная задача решается тем, что в кавитационном вибраторе, содержащем корпус с входным и выходным патрубками, в полости которого имеются соединенные последовательно возбудитель гидродинамической кавитации, сообщенный с входным патрубком, и опорно-регулирующий

элемент, сообщенный с выходным патрубком, возбудитель гидродинамической кавитации выполнен в виде диффузора, а опорно-регулирующий элемент (пульсатор) образован выполненной с увеличивающимся шагом в направлении к выходному патрубку гофрированной поверхностью полости корпуса, с которой диффузор соединен меньшей стороной /1/.

Кавитационный вибратор конструктивно состоит из двух ступеней – возбудителя и пульсатора гидродинамической кавитации, – в полостях которых обеспечено беспрепятственное продвижение рабочей жидкости, что позволило повысить эффективность и надежность работы вибратора, а выполнение гофр в полости корпуса вибратора с увеличивающимся шагом в сторону выходного патрубка способствует расширению частотного диапазона колебаний и устойчивости гидродинамической кавитации.

Конструкция вибратора поясняется чертежом, на котором изображен продольный разрез кавитационного вибратора (рис.1).

Кавитационный вибратор содержит корпус 1 с входным 2 и выходным 3 патрубками, с которыми соединены, соответственно, возбудитель гидродинамической кавитации, выполненный в виде диффузора 4, и опорно-регулирующий элемент (пульсатор), выполненный в виде гофрированной поверхности 5 полости корпуса 1. При этом шаг 6 гофрированной поверхности 5 увеличивается в направлении к выходному патрубку 3, а диффузор 4 примыкает к гофрированной поверхности 5 полости корпуса 1 меньшей стороной. Для герметизации устройства в пазах патрубков 2 и 3 установлены уплотнительные кольца 7.

Кавитационный вибратор работает следующим образом.

Поступающая через входной патрубок 2 рабочая жидкость попадает в диффузор 4, в коническом отверстии меньшей стороны которого претерпевает сжатие с увеличением скорости движения (А), а при выходе из него – резкое расширение, сопровождающееся возникновением явления гидродинамической кавитации (Б). Дальнейшее продвижение рабочей

жидкости через полость опорно-регулирующего элемента (пульсатора) благодаря выполнению гофрированной его поверхности 5 сопровождается многократным повторением попадания рабочей жидкости в зоны сжатия и расширения, обеспечивающим непрерывность и устойчивость гидродинамической кавитации. Увеличение в сторону выходного патрубка 3 шага гофрированной поверхности 5 способствует расширению частотного диапазона возбуждаемых колебаний. Таким образом, в корпусе 1 наводятся вибрационные колебания рабочей жидкости.

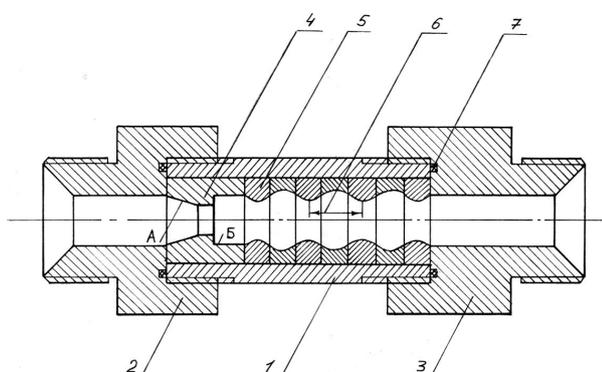


Рис.1. Кавитационный вибратор

Число кавитации

$$K = \frac{P_f - P_v}{0,5\rho \cdot V^2},$$

где  $P_f$  – давление в свободном потоке;  $P_v$  – давление в сливной гидрوليнии;  $\rho$  – плотность жидкости;  $V$  – скорость свободного потока.

Кавитация возникает, когда число  $K$  становится меньше некоторого критического значения числа  $K$ .  $K$  находится в пределах  $0,35 < K < 1,0$ , когда поток жидкости находится в предкавитационном состоянии (начальная стадия).

Следовательно, стабильное явление кавитации проявляется при условии

$$K = \frac{P_f - P_v}{0,5\rho \cdot V^2} < 0,35; \quad K < 0,35.$$

В качестве примера приведем гидросистему бульдозерного оборудования.

Скорость свободного потока

$$V = \frac{Q}{F} = \frac{4 \cdot Q}{\pi D^2},$$

где  $Q$  – расход рабочей жидкости на входе;  $F$  – площадь поперечного сечения входа;  $D$  – диаметр входного отверстия.

Для расхода  $Q = 32$  л/мин = 0,53 л/с = 530 см<sup>3</sup> и  $D = 15$  мм = 1,5 см = 0,0015 м,

$$V = \frac{4 \cdot 530}{3,14 \cdot 1,5^2} = 300 \text{ м/с} = 3,0 \text{ м/с}.$$

Плотность  $\rho = 0,88$  г/см<sup>3</sup> = 880 кг/м<sup>3</sup>.

Давление в свободном потоке  $P_f = 30$  кг/см<sup>2</sup> = 3 МПа.

Давление в сливной гидролинии  $P_v = 0,5$  кг/см<sup>2</sup> = 0,05 МПа.

Подставив в формулу (1), получим число кавитации  $K = 0,23$ .

Для областей длиной от 1 до 50 см (0,001 м – 0,05 м) при  $V = 15$  м/с, при уменьшении  $P$  на 1 кг/см<sup>2</sup> время прохождения частиц жидкости 0,6-30 м·с. Кавитационные пузырьки перемещаются на 2,5 мм за 0,02 с.

Тогда расчет вибрационного пульсатора определится по следующим зависимостям.

Частота колебаний корпуса кавитационного вибратора определяется

$$f = \frac{1}{t \cdot \tau},$$

где  $l$  – длина вибровозбудителя,  $t$  – шаг волнистости;  $\tau$  – время протекания через вибровозбудителя жидкости.

Время протекания через вибровозбудитель определяется по зависимости

$$\tau = \frac{l}{V_{cp}},$$

где  $V_{cp}$  – скорость жидкости, тогда

$$f = \frac{V_{cp}}{t}.$$

Потеря давления определяется по зависимости

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V_{cp}^2}{2} \cdot \rho,$$

где  $\lambda$  - безразмерный коэффициент сопротивления трения жидкости.

Для числа Рейнольдса  $R_1 - \geq 1800$ .

Величина  $\lambda$  определится

$$\lambda = 0,4 \left( \frac{h}{d} \right)^{1,6} \cdot z \cdot d,$$

где  $m=z \cdot d$  - геометрический коэффициент,  $z$  - число волн на 1 см;  $d$  - внутренний диаметр;  $h$  - средняя внутренняя высота волны;  $L$  - длина волнистости;  $\rho$  - плотность жидкости.

Тогда  $R_1 = \frac{V \cdot d}{\nu}$ . Для  $R_1 > 2000$ ,  $\lambda = 0,6 R_1^{-0,25}$ ,

$$f = 50 \text{ с}^{-1}, V = 3 \text{ м/с} = 3000 \text{ мм/с},$$

$$t_1 = \frac{3000}{50} = 60 \text{ мм}, \quad t_2 = \frac{3000}{100} = 30 \text{ мм}, \quad t_3 = \frac{3000}{300} = 10 \text{ мм}.$$

Таким образом, частота колебаний кавитационного вибратора составит  $f = 300$  Гц.

Устройство относится к землеройному машиностроению, а именно, к универсальным рабочим органам для землеройных машин и может быть использовано для разработки грунта с повышенным содержанием воды или производства подводно-технических работ /4/.

Задача устройства состоит в повышении эффективности и снижении энергопотребления процесса разработки грунта и упрощение механизма вибропривода.

Поставленная задача решается тем, что в виброактивном рабочем органе землеройной машины, включающем корпус, подвижно соединенный с ним режущий нож и механизм вибропривода, согласно изобретению, режущий нож соединен с корпусом с возможностью совершения возвратно-поступательного перемещения вдоль него, а механизм вибропривода выполнен в виде кавитационного вибратора, закрепленного на корпусе через амортизирующие прокладки, соединенного гибкими упругими

трубопроводами с источником рабочей среды и жестко соединенного с помощью тяги с режущим ножом, в теле которого выполнена полость, в которой размещен выступающий над лобовой плоскостью режущего ножа шаровой клапан, опирающийся на закругленный выступ пальца, смонтированного через амортизирующую прокладку в пазу, выполненном в корпусе рабочего органа, при этом кавитационный вибратор может быть выполнен в соответствии с техническим решением, предложенным в заявке на изобретение KG № 20050009.1 от 31 января 2005 г.

Данное устройство позволяет повысить производительность землеройной машины.

В результате проведенного поиска по патентно-технической документации не были выявлены технические решения, обладающие аналогичной с заявляемым устройством совокупностью существенных признаков и дающих такой же эффект. Поэтому авторы считают предлагаемое устройство соответствующим критериям изобретения «новизна», «изобретательский уровень» и «промышленная применимость» /4/.

Устройство иллюстрируется чертежами.

На рис.2 представлен виброактивный рабочий орган землеройной машины, разрез; на рис.3. – конструктивное исполнение крепления кавитационного вибратора на корпусе рабочего органа.

Виброактивный рабочий орган землеройной машины содержит корпус 1, с которым соединен с возможностью возвратно-поступательного перемещения вдоль него режущий нож 2, и кавитационный вибратор 3, закрепленный на корпусе 1 через амортизирующие прокладки 4 и соединенный с источником рабочей среды (не показан) гибкими упругими подводящим 5 и отводящими 6 трубопроводами, закрепленными в установленных на корпусе 1 рабочего органа кронштейнах 7.

Корпус 8 кавитационного вибратора 3 жестко соединен с помощью тяги 9 с режущим ножом 2, в теле которого выполнена полость 10, в которой

размещен выступающий над лобовой плоскостью режущего ножа 2 шаровой клапан 11, опирающийся на закругленный выступ пальца 12, смонтированного через амортизирующую прокладку 13 в пазу 14, выполненном в корпусе 1 рабочего органа.

Кавитационный вибратор 3 может быть выполнен в соответствии с техническим решением, предложенным в заявке на изобретение КГ № 20050009.1 от 31 января 2005 г.

Виброактивный рабочий орган землеройной машины работает следующим образом.

Подавляемая из источника рабочей среды (не показан) через подводный упругий трубопровод 5 в кавитационный вибратор 3 рабочая среда (жидкость) вызывает в нем возникновение колебаний гидродинамической кавитации, которые передаются от корпуса 8 кавитационного вибратора 3 через тягу 9 к режущему ножу 2 в направлении вдоль корпуса 1 рабочего органа. Эти колебания вынуждают совершать вибрационное возвратно-поступательное перемещение режущего ножа 2 и шарового клапана 11 относительно закругленного выступа пальца 12. Рабочая жидкость отводится из вибратора 3 через трубопровод 6.

Оборудованные указанным виброактивным рабочим органом отвал, ковш или ротор землеройной машины подводятся к разрабатываемому грунту и более эффективно разрушают в месте контакта с режущим ножом его структуру, так как срезаемый слой грунта претерпевает дополнительное разрушительное воздействие сложных вибрационных колебаний шарового клапана 11, происходящих не только от кавитационного вибратора 3, но и под действием давления срезаемого слоя грунта и сопротивления амортизирующей прокладки 13.

В условиях разработки грунта с повышенным содержанием воды или под водой полость 10 заполнена водой, которая вытесняется шаровым клапаном 11 при его колебательном перемещении и попадает под срезаемый слой грунта, приводя к снижению коэффициента трения грунта о рабочий

орган, что способствует снижению энергозатрат на подводную разработку грунта. Заполнение водой полости 10 происходит через зазоры между шаровым клапаном 11 и опорным седлом полости 10.

Таким образом, виброактивный орган землеройной машины при упрощении механизма вибропривода обеспечивает повышение эффективности и снижение потребления энергии в процессе разработки грунта на суше и под водой с возможностью использования на различных видах землеройной техники.

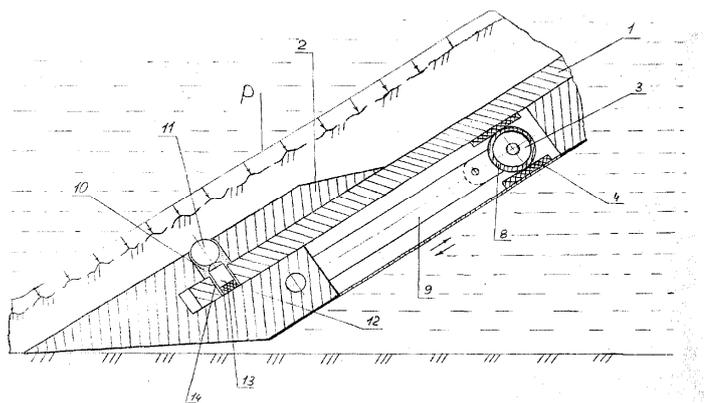


Рис.2. Виброактивный рабочий орган

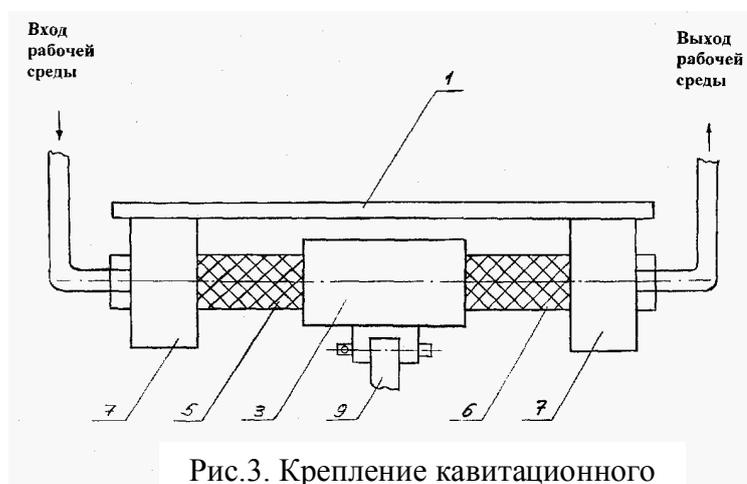


Рис.3. Крепление кавитационного вибратора

### Список литературы

1. Фролов И.О., Абсабиров Е.А. Кавитационный вибратор /Заявка на изобретение № 20050009.1 от 31.01.05. Кыргызпатент. - Бишкек, 2005.
2. Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. - М.: Высшая школа, 1981. - С.335.
3. Каракулов А.В., Ильин М.Е., Маркеданец О.Ф. Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин. - М.: Транспорт, 1991. - С.304.
4. Абсабиров Е.А. и др. Виброактивный рабочий орган землеройной машины /Патент № 822 М.Кл. Е 02 F 3/764; В 06 В1/20. Опубл. 30. 10. 2005г. в Бюл. № 10.