



УДК 627.74

**Арефьев Николай Николаевич**, д.т.н., доцент, профессор кафедры эксплуатации судовых энергетических установок ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

**Смольников Александр Юрьевич**, аспирант кафедры эксплуатации судовых энергетических установок ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

### ПРИМЕНЕНИЕ КАВИТАЦИОННЫХ ИМПУЛЬСОВ ДАВЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ В РАБОТЕ ГРУНТОВОГО ЭЖЕКТОРНОГО НАСОСА

*Ключевые слова:* дноуглубление, гидромеханизация, эжектор, пульсатор рабочего потока

*Аннотация.* В статье приведена сравнительная характеристика некоторых из известных эжекторных грунтозаборных устройств с применением пульсирующей струи рабочего потока. Предложено техническое решение эжекторного грунтозаборного устройства с применением кавитационного пульсатора рабочего потока.

Землесосные снаряды применяются при выполнении земляных работ в различных областях народного хозяйства нашей страны: в дноуглублении, в гидротехническом и мелиоративном строительстве, при гидравлической добычи нерудных материалов, угля, торфа и т.д. Гидромеханизацией ставится также вопрос обеспечения глубинной разработки грунтов, что обычным оборудованием осуществить невозможно из-за недостатка всасывающей способности насосных установок земснарядов.

Недостаток всасывающей способности у землесосов наблюдается также и при всасывании материалов с крупными фракциями, при разработке обрушающихся забоев и в ряде других случаев.

Однако эффективность капитального дноуглубления и добычи нерудных строительных материалов со дна водоемов землесосными снарядами повышается с применением погружных грунтовых насосов, установленных на всасываемой линии. Это обусловлено повышением концентрации забираемой водогрунтовой смеси. В качестве погружных грунтовых насосов применяются центробежные, осевые и эжекторные насосы. Недостаток эжекторных насосов заключается в низком к.п.д., но они обладают и несомненными достоинствами: простотой конструкции, отсутствием движущихся частей, возможностью работы при завалах грунтоприемника из-за обвалов откосов грунта. Но, несмотря на низкую эффективность, эжекторные насосы до сих пор находят достаточно широкое применение на землесосных снарядах.

В 1962 году профессор Огородников С.П. научно обосновал теорию подводной разработки грунтов и предложил новую конструкцию эжекторного насоса с насадками, расположенными по периферии трубы – многоструйный эжектор [1]. Эжектор профессор Огородникова С.П. отличается простотой изготовления и эксплуатации, а также более высокой эффективностью. Схема многоструйного эжектора приведена на (Рис. 1), где 1 –

*Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава,  
аспирантов и студентов*

корпус эжектора; 2 – патрубок подвода эжектирующей жидкости; 3 – насадки эжектирующей жидкости; 4 – патрубок подвода водогрунтовой смеси; 5 – камера смешения; 6 – патрубок отвода водогрунтовой смеси после смешения; 7 – подвод водогрунтовой смеси от грунтоприемника до смешения; 8 – подвод эжектирующей жидкости через насадки в камеру смешения; 9 – отвод водогрунтовой смеси после смешения к основному грунтовому насосу.

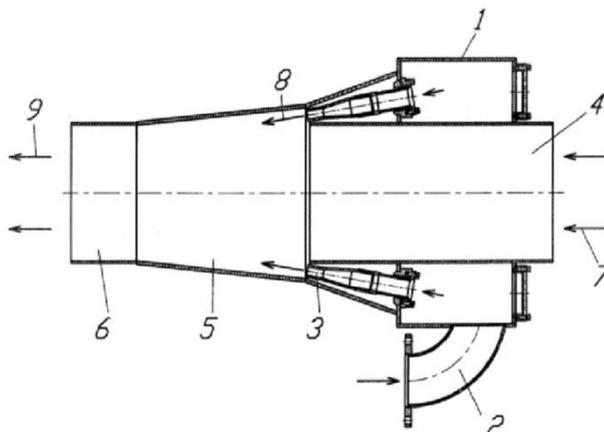


Рис. 1. Схема многоструйного эжектора.

Устройство работает следующим образом. Вода на эжекцию подается от специального насоса по патрубку 2 в корпус 1. Из корпуса 1 вода поступает в насадки 3, где происходит преобразование энергии напора воды в кинетическую энергию, в результате чего скорость истечения воды из насадок приобретает высокое значение. Струи 8 эжектирующей воды, истекающие из насадок 3, перемешиваются с водогрунтовой смесью 7, поступающей от грунтоприемника, и передают ей часть своей энергии, которая в дальнейшем преобразуется в увеличение напора водогрунтовой смеси 9 – напор эжектора.

Недостатком этого устройства является низкая эффективность перемешивания и передачи энергии от рабочей воды к засасываемой из наконечника водогрунтовой смеси, что снижает к.п.д. устройства. Это связано с низкой интенсивностью массообмена в камере смешения, так как струи рабочей воды монотонно вытекают из эжектирующих насадок и передают энергию засасываемой водогрунтовой смеси в камере смешения только за счет турбулентных вихрей.

Проведем сравнительную характеристику существующих эжекторных грунтозаборных устройств с применением пульсирующей струи.

Известно эжекторное грунтозаборное устройство земснаряда [2], включающее корпус, водовод, эжектирующие и разрыхляющие насадки. Эжектирующие и разрыхляющие насадки снабжены приводом и гидравлическим пульсатором, выполненным в виде установленной на входе в разрыхляющий насадок неподвижной секторной мембраны и подвижной мембраны, размещенной внутри разрыхляющего насадка. Площадь поперечного сечения мембраны равна половине поперечного сечения разрыхляющей насадки. При этом привод гидравлического пульсатора выполнен в виде патрубков каплевидного поперечного сечения с реактивными противоположно направленными насадками, а в корпусе выполнена выхлопная щель переменного сечения с возможностью ее регулирования с помощью сменных конических насадок. Недостатком устройства является сложность конструкции и низкая эффективность перемешивания и передачи энергии от рабочей воды к засасываемой из наконечника водогрунтовой смеси, что снижает к.п.д. устройства.

Известно эжекторное грунтозаборное устройство земснаряда [3], включающее кольцевой коллектор с эжектирными и разрыхляющей насадками. Для обеспечения повышения эффективности разработки грунта путем его разрыхления импульсной струей,

во внутренней полости коллектора со стороны эжекторных насадок с возможностью вращения смонтировано лопастное колесо и связанный с ним диск с отверстиями. Недостатком устройства является сложность конструкции и низкая эффективность перемешивания и передачи энергии от рабочей воды к засасываемой из наконечника водогрунтовой смеси, что снижает к.п.д. устройства.

Известно эжекторное грунтозаборное устройство земснаряда [4], включающее коллектор с эжекторной насадкой, лопастным колесом и прерывателем в виде корпуса с отверстиями. Корпус прерывателя потока выполнен трубчатым, причем лопастное колесо установлено внутри корпуса прерывателя перпендикулярно эжекторной насадке. Недостатком устройства является сложность конструкции и низкая эффективность перемешивания и передачи энергии от рабочей воды к засасываемой из наконечника водогрунтовой смеси, что снижает к.п.д. устройства.

Вышеописанные методы получения пульсирующей струи относятся к технике получения колебаний воды путем механических преобразований. Однако существуют и методы получения акустических колебаний [5], которые могут быть использованы в различных отраслях промышленности.

Более подробно рассмотрим получение акустических колебаний на примере генератора колебаний давления жидкости, выполненным в виде трубки Вентури. На (Рис. 2) схематично изображен генератор колебаний давления жидкости [6].

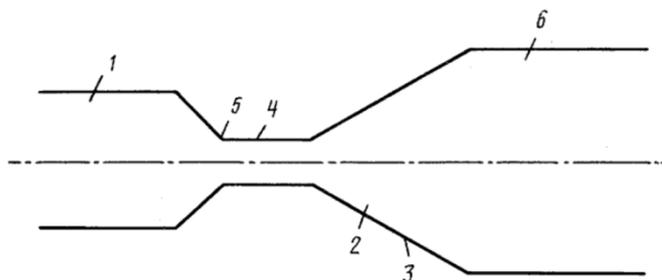


Рис. 2. Генератор колебаний давления жидкости.

Генератор содержит входной трубопровод 1, соединенный с трубкой Вентури 2 с проточной частью в виде тела вращения и с диффузорной частью 3, имеющий угол раскрытия более  $15^{\circ}$ . Критическое сечение 4 проточной части выполнено цилиндрической длиной, равной  $0,6 - 2$  диаметра критического сечения 4. Вход в критическую часть сечения 4 выполнен со скругленной кромкой 5 радиусом, равным  $0,26 - 0,35$  диаметра критического сечения 4. Выходной трубопровод 6 соединен с диффузорной частью 3 трубки Вентури 2 и имеет отношение диаметра к диаметру критического сечения 4 более четырех.

Генератор колебаний давления жидкости работает следующим образом. Жидкость подается по входному трубопроводу 1 на вход в трубку Вентури, после которой жидкость поступает в выходной трубопровод 6. При этом в критическом сечении 4 возникает кавитационный режим течения, и образуется оседлая кавитационная каверна, от которой при нахождении в диффузорной части 3 периодически отрывается диффузорная часть, которая уносится по потоку и в области повышенного давления захлопывается, вызывая при этом импульсы давления жидкости.

Увеличение к.п.д. эжекторного грунтозаборного устройства за счет повышения интенсивности массообмена в камере смешения между рабочей водой и засасываемой водогрунтовой смесью предполагается получить путем создания пульсаций давления в струях рабочей воды, вытекающих из эжектирующих насадок.

Для решения поставленной задачи в грунтозаборном устройстве земснаряда, содержащим всасывающий наконечник, эжектирующие насадки, камеру смешения, канал подвода рабочей воды, грунтозаборное устройство снабжено кавитационными генераторами пульсаций давления воды, выполненными в виде трубки Вентури, установленными перед эжектирующими насадками.

Возможны следующие варианты расположения пульсатора рабочего потока в грунтозаборном устройстве земснаряда [7]:

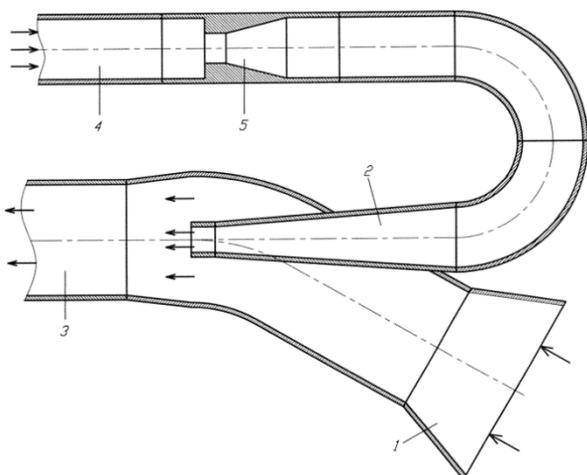


Рис. 3.

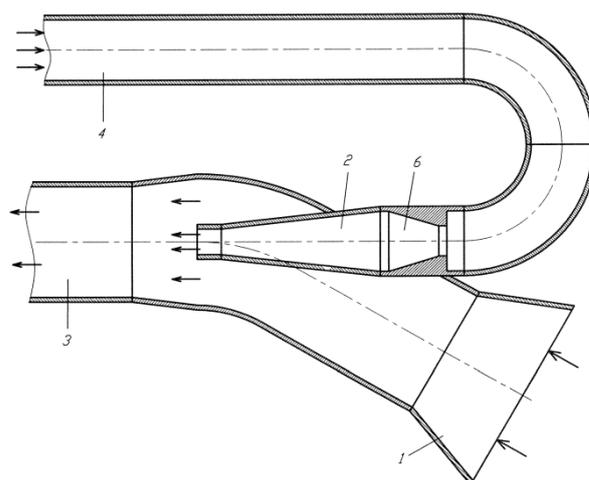


Рис. 4.

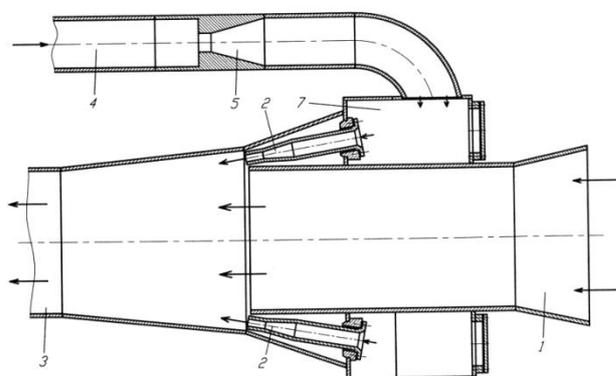


Рис. 5.

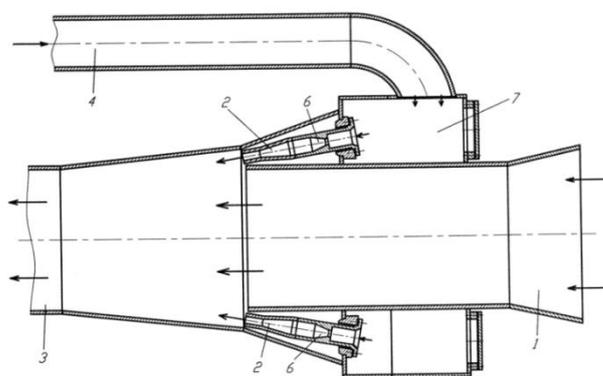


Рис. 6.

На (Рис. 3) эжекторное грунтозаборное устройство центрального типа с пульсатором, установленным в канале подвода рабочей воды. На (Рис. 4) показано эжекторное грунтозаборное устройство центрального типа с пульсатором, соединенным с эжектирующей насадкой. На (Рис. 5) эжекторное грунтозаборное устройство струйно-кольцевого типа с пульсатором, установленным в канале подвода рабочей воды. На (Рис. 6) эжекторное грунтозаборное устройство струйно-кольцевого типа с пульсаторами, соединенными с эжектирующими насадками;

Эжекторное грунтозаборное устройство земснаряда содержит всасывающий наконечник 1, эжектирующие насадки 2, камеру смешения 3, канал подвода рабочей воды 4, а также кавитационные генераторы пульсаций давления воды 5 и 6, выполненные в виде трубки Вентури и установленные перед эжектирующими насадками. Кавитационные генераторы пульсаций давления воды 5 установлены в канале подвода рабочей воды 4, а кавитационные генераторы пульсаций давления воды 6 соединены с эжектирующими насадками 2.

Эжекторное грунтозаборное устройство земснаряда работает следующим образом. В процессе грунтозабора подается рабочая вода по каналу 4 к эжектирующим насадкам 2 от насоса (на рисунках не показан). Струи рабочей воды, вытекающие из эжектирующих насадок 2 с высокими скоростями, смешиваются в камере смешения 3 с подсосываемыми потоками водогрунтовой смеси, поступающими из всасывающего наконечника 1, и передают кинетическую энергию подсосываемым потокам в результате массообмена. При этом рабочая вода, истекая в виде струй из насадок 2, предварительно проходит по

кавитационным генераторам пульсаций давления 5 или 6, выполненными в виде трубок Вентури, в которых происходит преобразование стационарного течения жидкости в пульсирующее [5]. Гидродинамическое взаимодействие пульсирующих струй с подсосываемыми потоками водогрунтовой смеси значительно повышает интенсивность массообмена в камере смешения 3 между рабочей водой и засасываемой водогрунтовой смесью, так как при этом наряду с турбулентными вихрями в процессе массообмена участвуют пульсации потока, вызывающие как изменения давления, так и изменение скорости потока. Благодаря этому увеличивается к.п.д. эжекторного грунтозаборного устройства земснаряда.

Для повышения интенсивности пульсаций потока кавитационные генераторы пульсаций давления воды 6 могут быть соединены с эжектирующими насадками 2, как показано на (Рис. 4) и (Рис. 6). Этот вариант несколько повысит к.п.д., но усложнит конструкцию грунтозаборного устройства.

#### **Список литературы:**

- [1]. Огородников С.П. Инжектирование на землесосных снарядах. М.: Госстройиздат, 1962. – 98 с.
- [2]. Авторское свидетельство № 796325. Эжекторное грунтозаборное устройство.
- [3]. Авторское свидетельство № 825793. Гидравлический эжектор грунтозаборного устройства земснаряда.
- [4]. Авторское свидетельство № 909037. Гидравлический эжектор грунтозаборного устройства земснаряда.
- [5]. Авторское свидетельство № 909037. Генератор колебаний давления жидкости.
- [6]. Пилипенко В.В. Кавитационные автоколебания. – Киев: Наук. думка, 1989.
- [7]. Арефьев Н.Н. Патент РФ на полезную модель № 183522. Эжекторное грунтозаборное устройство земснаряда, 2018.

### **APPLICATION OF CAVITATION IMPULSES OF FLUID PRESSURE IN THE OPERATION OF A SUBMERSIBLE EJECTOR PUMP**

Nikolay N. Arefyev, Alexander Y. Smolkov

*Key words: dredging, hydromechanization, ejector, workflow pulsator.*

*The article presents a comparative description of some of the known ejector soil intake devices, using a pulsating jet of the working stream. A technical solution is proposed for an ejector grouser using a cavitation pulsator of the work flow.*