УДК 664:002.5; 664.02

Требования безопасности и методы контроля параметров гидроимпульсного оборудования для виброударного фазового

разделения неоднородных жидких систем

*И. В. Севостьянов канд. техн. наук, доцент; E-mail:* [*ivansev70@mail.ru*](mailto:ivansev70@mail.ru)*;*

*тел. (0432) 43 – 76 – 22; Винницкий национальный технический университет, г. Винница, 21030, Украина*

В статье приводятся схемы, требования безопасности и методы контроля параметров гидроимпульсного оборудования для фазового разделения неоднородных жидких систем, обеспечивающие возможность его эффективного и безопасного внедрения на производстве.

***Ключевые слова: гидроимпульсное оборудование, неоднородные жидкие системы.***

Safety requirements and methods of control of parameters

of the hydraulic pulse equipment for the vibro-blowing phase

divisions of non-uniform liquid systems

*I.Sevostyanov Cand. Tech. Sci., the senior lecturer; E-mail: ivansev70@mail.ru Tel. (0432) 43 - 76 - 22; Vinnitsa national technical university, Vinnitsa, 21030, Ukraine*

*Y.Ivanchuk Cand. Tech. Sci.; E-mail: ivansev70@mail.ru Tel. (0432) 57 - 02 - 77; Vinnitsa national technical university, Vinnitsa, 21030, Ukraine*

The schemes, safety requirements and methods of control of parameters of the hydraulic pulse equipment for vibro-blowing phase division of the non-uniform liquid systems, providing possibility of its effective and safe introduction on manufacture, are brought in this article.

***Keywords: hydraulic pulse equipment, non-uniform liquid systems.***

Процессы фазового разделения неоднородных жидких систем (НЖС) являются достаточно распространенными в химической, нефтяной, пищевой и других смежных отраслях промышленности [1, 2]. Например, реализация процессов обезвоживания и фильтрования в пищевой промышленности позволяет решить проблему утилизации пищевых отходов, таких как спиртовая барда, пивная дробина, свекольный жом, кофейный и ячменный шлам. В соответствии с результатами выполненных нами экспериментов и расчетов, одними из наиболее эффективных способов разделения НЖС (пищевых отходов, отработанных масел) по производительности, энергоемкости, обеспечиваемой конечной влажности концентрата и качеству очистки фильтрата НЖС, являются способы виброударного обезвоживания и фильтрования на оборудовании с гидроимпульсным приводом (ГИП) [3, 4]. Однако для внедрения данного оборудования на производстве необходимо разработать требования к его безопасности и методам контроля рабочих параметров.

На рис. 1 представлена схема технологического комплекса для предварительного обезвоживания НЖС [3]. В процессе работы комплекса НЖС через патрубок 1 загружается в шнековый пресс, который приводится от электродвигателя 2 через редуктор 3. Во время перемещения и сжимания НЖС во внутреннем цилиндре 4, удаленная из нее жидкая фаза с мелкодисперсными твердыми частицами, стекает через отверстия в стенках, закрытые со средины фильтровальной сеткой, во внешний цилиндр 5. Далее НЖС через патрубок 6 и резинотканевый рукав 7 подается в пресс-форму 8 вибропресса с ГИП, после заполнения которой шнековый пресс останавливается. Включаются приводы вибропресса, вибростол 9 которого, связанный с плунжером гидроцилиндра 10 ГИП, осуществляет возвратно-поступательные вертикальные перемещения с частотой до 60 Гц и амплитудой до 4 мм, создавая снизу виброударную нагрузку порции 18 НЖС в пресс-форме 8. Сверху порция 18 нагружена инерционным усилием, создаваемым пуансоном 11, подвижной траверсой 12 и массами 13, а также статическим усилием, которое обеспечивает вспомогательный гидроцилиндр 14. Отжатая с порции 18 жидкость выводится через закрытые фильтровальной сеткой отверстия пресс-формы 8, (на схеме не показаны), стекает в желоб 15 вокруг вибростола, а дальше по эластичной трубке 16 идет в бак 17. После обезвоживания порции 18 до влажности 70 – 75% [3], ГИП выключается, а траверса 12 с пуансоном 11 поднимаются вверх до упора в ограничители 19. При этом заслонка 20, которая в процессе виброударного обезвоживания перекрывает патрубок 21, также поднимается. Включается шнековый пресс, обеспечивающий вытеснение обезвоженной порции через патрубок 21 на конвейер 22 и заполнение пресс-формы 8 следующей порцией. Далее шнековый пресс выключается, опускается траверса 12 и включается ГИП; цикл обезвоживания НЖС повторяется.

На рис. 2 представлена схема гидроимпульсной вальцовой установки для окончательного виброударного обезвоживания НЖС [3]. Предварительно обезвоженный концентрат НЖС подается по лотку 30 в бункер 1, из которого регулированным потоком выгружается на поверхность металлической фильтровальной сетки 20, закрепленной на верхней поверхности матрицы 28. Разгрузка происходит в зоне Б, при этом концентрат образовывает на поверхности сетки равномерный слой толщиной 5 – 15 мм. Матрица 28 и концентрат на поверхности сетки 20 медленно вращаются – привод обеспечивают электродвигатель 15 и планетарный редуктор 27. Конические вальцы 11, 17, приводимые от электродвигателей 5, 25 через планетарные редукторы 6, 16 и упругие муфты 8, 3, вращаются в направлении противоположном направлению вращения матрицы, но с соответствующей скоростью, для предотвращения их проскальзывания и ускоренного износа. Кроме этого, вальцы 11, 17 осуществляют вертикальные возвратно-поступательные перемещения с частотой до 150 Гц и амплитудой до 4 мм, которые обеспечивают гидроцилиндры 2, 7 ГИП, через траверсы 4, 26. Концентрат, попадающий в зазор между вальцами 11, 17 и сеткой 20 подвергается статическому сжиманию и виброударной нагрузке. Удаленная из него при этом жидкость стекает через сетку 20 и сквозные отверстия в матрице 28 (на схеме не показаны) в бак 9. Твердые частицы концентрата задерживаются сеткой 20. Вальцы 13 поддерживают матрицу 28 снизу, предотвращая перекос и заклинивание подшипников 29. После прохождения под вальцом 17 обезвоженный концентрат срезается резиновым ножом 18 и под воздействием разрежения, создаваемого вакуумным насосом 14, засасывается в присоединенные к нему патрубок 12 и трубу 22. По трубе 22 концентрат попадает в камеру 24 и накапливается в ее нижней части. Нижний открытый конец камеры 24 уплотнением 23 поджимается к медленно вращающемуся диску 19. В моменты, когда под камерой 24 проходит отверстие диска 19, накопленный в ней концентрат порциями сбрасывается в бак 21. Резиновый экран 10 предназначен для предотвращения произвольного перемещения концентрата из зоны Б сразу в зону его отвода с поверхности сетки 20. Проведенные нами на вибропрессе-прототипе вальцовой установки эксперименты по обезвоживанию концентратов спиртовой барды, свекольного жома и кофейного шлама, показали, что их конечная влажность не превышает 20 – 24% [3], тогда как после обезвоживания на шнековых прессах и декантерных центрифугах она не ниже 30 – 77% [1, 2]. Последнее обуславливает соответствующее уменьшение энергоемкости рабочего процесса при использовании предлагаемых способа и оборудования.

Отжатая на стадиях предварительного и окончательного обезвоживания жидкая фаза НЖС поступает на гидроимпульсные установки для последовательного микро-, ультра- и нанофильтрования [3]. Данные установки могут выполняться по единой схеме и отличаются только тем, что при переходе от первой к последней стадии используются фильтровальные мембраны с все меньшими порами в стенках, кроме того, увеличивается перепад давления между их внутренними и внешними поверхностями [3]. На рис. 3 показана схема промышленной гидроимпульсной установки для потокового виброударного фильтрования НЖС, в корпусе 9 которой установлено несколько трубчатых керамических фильтровальных мембран 5, уплотняемых кольцами 4. Жидкая фаза НЖС с мелкодисперсными твердыми частицами подается насосом 6 в направлении, показанном стрелками. С помощью кранов 7, 8 в среде НЖС создаются необходимые сопротивление и давление. При периодическом изменении в полости А, связанной с нагнетательной гидролинией ГИП, давления рабочей жидкости, плунжер 1 осуществляет вертикальные возвратно-поступательные перемещения, создавая в среде НЖС ударные волны напряжений и деформаций. Фильтрат по отводам 10 стекает в бак 11. Резинотканевый рукав 2 предотвращает передачу вибраций от корпуса 3 к мембранам 5. В соответствии с результатами проведенных нами на стенде-прототипе установки (см. рис. 3) экспериментов, при виброударном фильтровании жидкой фазы пищевых отходов и отработанных минеральных масел достигается на 18 – 31% более высокая и более стабильная во времени, чем при безударном фильтровании производительность рабочего процесса [3, 4].

На данный момент существуют только экспериментальные образцы предлагаемого гидроимпульсного оборудования для виброударного фазового разделения НЖС (см. рис. 1 – 3) [3, 4], имеющие сравнительно небольшую мощность. Однако в случае разработки и внедрения промышленных образцов данного оборудования (см. рис. 1 – 3), необходимо учитывать негативные воздействия с его стороны на работников предприятия-собственника в процессе эксплуатации. Указанный учет необходим для устранения либо ослабления негативных факторов с целью приведения параметров, определяющих их интенсивность в допустимые пределы, а также обеспечения безопасности обслуживающего персонала.

Поскольку оборудование для виброударного фазового разделения НЖС, в частности его экспериментальные образцы, по своему назначению, конструкции и техническим характеристикам наиболее близки к кузнечно-прессовым машинам, к ним могут быть применены требования безопасности соответствующего стандарта [5].

Очевидно, что основным негативным фактором при эксплуатации предлагаемого оборудования являются вибрации, параметры которых не должны превышать допустимых значений [6]. Эффективным средством гашения вибраций в процессе использования оборудования для виброударного фазового разделения НЖС (что было доказано в ходе экспериментов со стендами-прототипами) являются виброизолирующие фундаменты. В частности, хорошую виброизоляцию обеспечивают индивидуальные фундаменты в виде массивных бетонных блоков, изолированных от грунта и общего бетонного полотна цеха слоем песка, гравия или золы толщиной 0,3 – 0,8 м. Кроме того, станину рассматриваемого оборудования целесообразно оснащать виброопорами, а также фиксировать в горизонтальной плоскости для предотвращения сползания в процессе работы оборудования.

Следующим негативным фактором при эксплуатации оборудования для виброударного фазового разделения НЖС является шум, параметры которого и методы их определения регламентируются стандартом [7]. Для уменьшения уровня шума станины оборудования необходимо закрывать звукопоглощающими чехлами. Кроме того, пульт управления оборудованием для дополнительной защиты обслуживающего персонала от шума, целесообразно разместить в звукоизолирующих кабинах.

Следует уделить достаточно внимания предупреждающим знакам опасности оборудования для персонала, а также окраске его подвижных частей в соответствующие цвета [8, 9]. Для повышения уровня безопасности и эффективности использования оборудования, его необходимо оснастить системой световой и звуковой сигнализации, в том числе, о выходе за допустимые пределы параметров нагрузки НЖС в процессе их фазового разделения, о превышении номинального вращающего момента на валу приводного электродвигателя, а также о перегревании последнего. Вообще, параметры нагрузки НЖС (давление в пресс-форме 8 (см. рис. 1) и в каналах фильтровальных мембран 5 (см. рис. 3), давление в полостях гидроцилиндров ГИП, амплитуда и частота колебаний исполнительных элементов оборудования [3]) для обеспечения их оптимальных значений должны регулироваться бесступенчато и в широких пределах. При этом с целью периодического контроля давления рабочей жидкости в полостях гидроцилиндров ГИП целесообразно использовать серийные тензометрические датчики давления (например, моделей ADZ-SML-10.0, KOBOLD SEN 8701-165), АЦП, компьютер и соответствующее стандартное программное обеспечение. Амплитуду и частоту определяют с помощью тензометрических датчиков перемещения (например, модели TURСK Ni8-M18-LiU), а максимальное давление в среде НЖС – с использованием пружинных манометров класса точности 1,5, с ценой деления шкалы 0,01 МПа и максимальным ее значением 10 МПа. Необходимость использования для измерения давления в среде НЖС пружинных манометров вместо тензометрических датчиков обусловлена быстрым засорением проходных сечений последних мелкодисперсными твердыми частицами НЖС. Следует также разработать методы испытания оборудования на холостом ходу и под нагрузкой на всем диапазоне рабочих режимов, с обеспечением в конце испытания кратковременной перегрузки оборудования на величину 25% от номинальной в течении 15 мин [8, 9]. Пульт управления оборудованием рекомендуется разрабатывать с учетом требований эргономики [10].

В цеху с оборудованием необходимо обеспечить допустимые значения температуры и влажности воздуха, создать соответствующее требованиям освещение рабочих зон [11, 12].

Важным условием является также обеспечение и контроль соблюдения требований безопасности к отдельным подсистемам предлагаемого оборудования, и в первую очередь – к его электрической подсистеме [13, 14].

Не менее важной является и гидравлическая подсистема оборудования, рабочее давление в которой может достигать 10 – 15 МПа, в связи с чем, следует учитывать требования соответствующих стандартов [15 – 17]. В частности, достаточно жесткие требования по химической стойкости и износостойкости в условиях постоянного взаимодействия с агрессивной жидкостно-дисперсной средой НЖС, предъявляются к рабочему колесу и корпусу центробежного циркуляционного насоса 6 (см. рис. 3) установки для виброударного фильтрования [18]. Что касается шестеренных насосов ГИП рассматриваемого оборудования (см. рис. 1 – 3), то они работают в условиях постоянных вибраций, колебания значения вращающего момента на приводном валу и изменения в широких пределах давления в нагнетательной гидролинии. Все это обуславливает повышенные требования к их надежности, ресурсу и методам испытаний [19, 20].

По этой же причине для обеспечения требований стандартов к гидроарматуре оборудования [21, 22] рекомендуется соединение гидромашин и гидроаппаратуры встык, что практически предотвращает утечки рабочей жидкости с гидросистемы, кроме того, позволяет уменьшить потери давления.

Одним из основных элементов гидросистемы, предотвращающим ее аварии в случае превышения максимально допустимого давления рабочей жидкости, является предохранительный клапан. Требования и условия, предъявляемые к данной аппаратуре, изложены в стандартах [23, 24].

Ответственным элементом гидросистемы оборудования для виброударного фильтрования (см. рис. 3) являются краны 7, 8, которые обеспечивают регулировку давления в среде НЖС. К ним предъявляются требования высокой химической стойкости и износостойкости, а также повышенной надежности в условиях периодического изменения давления в среде НЖС [25].

Уплотнения гидроцилиндров ГИП работают в условиях интенсивного трения, вибраций и знакопеременных нагрузок. В связи с этим, следует проанализировать и обеспечить выполнение требований к данным элементам предлагаемого оборудования, изложенным в соответствующем стандарте [26].

Следует учесть, что рабочая жидкость гидросистем ГИП, вследствие периодического изменения в ней в широких пределах давления, постоянного перемешивания и нагревания, быстрее окисляется и засоряется. Следовательно, необходимо производить ее более частую, чем в обычных гидросистемах замену, а также следить за техническим состоянием и параметрами фильтров ГИП [27].

Обязательным является и контроль технических характеристик фильтровальных мембран 5 (см. рис. 3) [28]. При этом необходимо проверить работоспособность и долговечность мембран, предназначенных в большинстве случаев для осуществления безударного потокового фильтрования, в условиях длительной переменной виброударной нагрузки.

Выводы

1. Предложенные схемы промышленного гидроимпульсного оборудования для виброударного фазового разделения НЖС, позволяют эффективно решить проблемы регенерации смазочных масел, а также утилизации отходов химических и пищевых производств.

2. Разработанные требования безопасности и методы контроля параметров гидроимпульсного оборудования для виброударного фазового разделения НЖС обеспечивают возможность его безопасного и эффективного внедрения на производстве.

Литература

1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. – 753 с.

2. Драгилев А. И., Дроздов В. С. Технологические машины и аппараты пищевых производств. – М.: Колос, 1999. – 376 с.

3. Севостьянов И. В. Процессы и оборудование для виброударного разделения пищевых отходов. Монография. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 417 с.

4. Севостьянов И. В. Регенерация отработанных масел с использованием виброударной инерционной нагрузки // Двойные технологии, 2013. - № 2. – С. 45 - 50.

5. ГОСТ 12.2.017-93. Оборудование кузнечно-прессовое. Общие требования безопасности.

6. ГОСТ Р ИСО 10816-3-99. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 3. Промышленные машины номинальной мощностью более 15 кВт и номинальной скоростью от 120 до 15000 мин− 1.

7. ГОСТ 23941-2002. Шум машин. Методы определения шумовых характеристик. Общие требования.

8. ГОСТ Р 12.4.026-2001. Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний.

9. ГОСТ Р 51340-99. Безопасность машин. Основные характеристики оптических и звуковых сигналов опасности. Технические требования и методы испытаний.

10. ГОСТ Р ИСО 9355-1-2009. Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 1. Взаимодействие с человеком.

11. ГОСТ ИСО 8995-2002. Принципы зрительной эргономики. Освещение рабочих систем внутри помещений.

12. ГОСТ Р ИСО 9886-2008. Эргономика термальной среды. Оценка температурной нагрузки на основе физиологических измерений.

13. ГОСТ Р МЭК 60204-1-2007. Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Часть 1. Общие требования.

14. ГОСТ Р 51838-2001. Безопасность машин. Электрооборудование производственных машин. Методы испытаний.

15. ГОСТ Р 52543-2006. Гидроприводы объемные. Требования безопасности.

16. ГОСТ 17108-86. Гидроприводы объемные и смазочные системы. Методы измерения параметров.

17. ГОСТ 28988-91. Гидроприводы объемные, пневмоприводы и смазочные системы. Вибрационные характеристики, испытания на виброустойчивость и вибропрочность.

18. ОСТ 6134-2007. Насосы динамические. Методы испытаний.

19. ГОСТ 17335-79. Насосы объемные. Правила приемки и методы испытаний.

20. ГОСТ 27851-88. Насосы объемные для гидроприводов. Методы ускоренных сравнительных испытаний на ресурс.

21. ГОСТ Р 12.2.063-81. Система стандартов безопасности труда. Арматура промышленная трубопроводная. Общие требования безопасности.

22. ГОСТ Р 53402-2009. Арматура трубопроводная. Методы контроля и испытаний.

23. ГОСТ 20245-74. Гидроаппаратура. Правила приемки и методы испытаний.

24. ГОСТ 31294-2005. Клапаны предохранительные прямого действия. Общие технические условия.

25. ГОСТ 21345-2005. Краны шаровые, конусные и цилиндрические на номинальное давление не более PN 250. Общие технические условия.

26. ГОСТ 18464-96. Гидроприводы объемные. Гидроцилиндры. Правила приемки и методы испытаний.

27. ГОСТ 25476-82. Гидроприводы объемные и смазочные системы. Фильтры. Правила приемки и методы испытаний.

28. Техническое руководство по трубчатым керамическим мембранам INSIDE CéRAM. Document B. BL. Handbuch Ru, 2004. – Rev. 23. – 36 c.

14

19

11

20

21

22

9

15

13 12 4 5 1

2

3

6

7

16

17

M

23 10 8 18

Рис. 1. Схема технологического комплекса для предварительного обезвоживания НЖС: 1, 6, 21 - патрубки; 2 - электродвигатель; 3 - редуктор; 4 - внутренний цилиндр; 5 - внешний цилиндр; 7 - резинотканевый рукав; 8 - пресс-форма; 9 - вибростол; 10 - гидроцилиндр ГИП; 11 - пуансон; 12 - подвижная траверса; 13 - инерционные массы; 14 - вспомогательный гидроцилиндр; 15 - желоб; 16 - эластичная трубка; 17 - бак; 18 - порция НЖС; 19 - ограничители; 20 - заслонка; 22 - конвейер; 23 - пружины возврата вибростола

1 30 26 12 20

2 4 7

5 6 8 11 13 27 29 15 9

А

М2

М1

М2

10 Б

А

М3

14

B

B

B-B (увеличено)

19 21

24 23

М4

18 28

17

3

16

25

22

Рис. 2. Схема гидроимпульсной вальцовой установки для окончательного виброударного обезвоживания НЖС: 1 - бункер; 2, 7 - гидроцилиндры ГИП; 3, 8 - упругие муфты; 4, 26 - траверсы; 5, 15, 25 - электродвигатели; 6, 16, 27 - планетарные редукторы; 9, 21 - баки; 10 - резиновый экран; 11, 13, 17 - конические вальцы; 12 - патрубок; 14 - вакуумный насос; 18 - резиновый нож; 19 - диск; 20 - фильтровальная сетка; 22 - труба; 23 - уплотнение; 24 - камера; 28 - матрица; 29 - подшипники; 30 - лоток

10 11

8

1

3

2

4

5

9

6 7

А

Рис. 3. Схема гидроимпульсной установки для поточного виброударного фильтрования НЖС: 1 - плунжер; 2 - резинотканевый рукав; 3, 9 - корпусы; 4 - уплотнительное кольцо; 5 - фильтровальная мембрана; 6 - насос; 7, 8 - краны; 10 - отводы; 11 - бак