

Рисунок 3 - Литая стойка коромысла с обработанным валиком после легирования в литейной форме

Более того, при введении этого новшества в технологию литья отпадает необходимость в проведении дополнительной термообработки-закалки, что также снижает объём затрат на производство детали.

Наши разработки приняты к внедрению заводом-изготовителем.

Литература

1. Ворошнин Л.Г. Антикоррозионные диффузионные покрытия. Минск: «Наука и техника», 1981 – 296 с.
2. Ляхович Л.С., Ворошнин Л.Г., Панич Г.Г., Щербаков Э.Д. Многокомпонентные диффузионные покрытия. Минск: «Наука и техника», 1974 – 288 с.
3. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. М.: «Металлургия», 1985 – 256 с.
4. Абачараев М.М. Кавитация и защита металлов от кавитационных разрушений. Махачкала: «Дагкнигоиздат», 1990 – 176 с.
5. Абачараев М.М. Хапалаев А.Ю. Защитные покрытия в промышленности. Махачкала: «Дагкнигоиздат», 1986 – 104 с.
6. Абачараев М.М., Камиллов И.К., Абачараев И.М. Легирующее покрытие для литейных форм и стержней. Патент РФ № 2058212, 1996.

Электрогидравлический отбойный молоток (ЭГЭ-перфоратор)

к.т.н. Бекаев А.А., д.т.н. проф. Соколов В.К., Строков П.И., Бекаев И.А., Булеков А.Д.
МГТУ «МАМИ», ООО СК «ВИТАЛ-Полис», МОУ Ликино-Дулевская гимназия
8-909-901-77-13, bekaev@list.ru

Ключевые слова: электрогидравлический эффект; импульсный разряд в жидкости; преобразование электроэнергии.

Механические явления, сопровождающие импульсный разряд в жидкости, известны около 300 лет, но лишь в последние годы работы в этой области были развернуты более широким фронтом и направлены на практическое использование импульсных давлений, возникающих в момент разряда в жидкости.

Одними из первых исследователей импульсного разряда в жидкостях являются естествоиспытатели Т. Лейн и Дж. Пристли (XVIII век), исследователи Т. Сведберг и Ф. Фрюнгель (XX век), установившие, что электрический пробой жидкостей, так же как и воздуха (молния), носит характер искры, воспринимаемой в виде отшнурованного узко и ярко светящегося канала.

Однако от Лейна и до Фрюнгеля науке было известно только лишь явление электрического разряда в жидкости как таковое, без каких-либо указаний на то, что миллиметровый

разряд в жидкости может явиться прообразом нового способа трансформации электрической энергии в механическую и быть широко использован в самых различных областях науки и техники. Причин, по которым многие исследователи прошли мимо огромных практических возможностей использования нового физического явления, достаточно много. Главная из них – отсутствие общественной потребности в использовании сверхвысоких гидравлических давлений.

Первооткрывателем механизма этого явления по праву считается советский ученый Лев Александрович Юткин, который впервые сформулировал и обозначил новый способ трансформации электроэнергии в механическую как электрогидравлический эффект (ЭГЭ).

Сущность этого эффекта состоит в том, что при осуществлении внутри объема жидкости, находящейся в открытом или закрытом сосуде, специально сформированного импульсного электрического (искрового, кистевого и других форм) разряда вокруг зоны его образования возникают высокие и сверхвысокие гидравлические давления, способные совершать полезную механическую работу и сопровождающиеся комплексом физических и химических явлений. Возникающие сверхвысокие импульсные гидравлические давления приводят к появлению ударных волн со звуковой и сверхзвуковой скоростями; значительными импульсными перемещениями объемов жидкости, совершающимися со скоростями, достигающими сотен метров в секунду; мощными кавитационными процессами, способными охватить относительно большие объемы жидкости; инфра- и ультразвуковыми излучениями; механическими резонансными явлениями с амплитудами, позволяющими осуществлять взаимное отслаивание друг от друга многокомпонентных твердых тел; мощными электромагнитными полями (десятки тысяч эрстед); интенсивными импульсными световыми, тепловыми, ультрафиолетовыми, а также рентгеновскими излучениями; импульсными гамма- и (при очень больших энергиях импульса) нейтронными излучениями; многократной ионизацией соединений и элементов, содержащихся в рабочей жидкости [1...4 и др.].

В настоящее время ЭГЭ уже используется в некоторых промышленных отраслях – машиностроительной, металлургической, нефтяной и газовой и др.

Одним из главных преимуществ данного метода является его исключительная экологичность, так как способ воздействия ЭГЭ не принесет никаких дополнительных источников загрязнения окружающей среды в планируемые технологии.

Среди разнообразия известных областей применения ЭГЭ при стремительном развитии строительной индустрии настоящего времени наиболее актуальными являются методы использования данного эффекта при создании более простых, легких и бесшумных, недорогих и компактных установок для долбления и дробления твердой породы (асфальт, бетон, камень, хрупкие металлы и др.).

С учетом всего перечисленного перед авторами настоящей работы была поставлена цель – разработать конструкцию электрогидравлического отбойного молотка, работающего на эффекте Л.А. Юткина, по сути электрогидравлического перфоратора (ЭГЭ-перфоратор), способного эффективно работать в заданных условиях и режимах от электрических сигналов с использованием электрогидроимпульсных преобразований и обеспечивающего регулирующую ударную силу при изменении напряжения разряда между электродами [5].

Данное устройство – ЭГЭ-перфоратор – разрабатывается для использования в строительном и горнодобывающем деле, когда необходима регулируемая сила удара (он также может быть использован и в работе МЧС при ликвидации последствий катастроф, когда от величины силы и частоты удара могут возникнуть дальнейшие разрушения строительных конструкций, что приведет к человеческим жертвам), т.е. ставится задача разработать такое устройство, которое было бы технически совершеннее существующих аналогов.

В результате проведенного патентного поиска было установлено, что самым ближайшим аналогом разрабатываемого устройства является «Инструмент с электрогидравлическим приводом», спроектированный на основе ручной электродрели с расчетным значением

КПД $\approx 37\%$ [6].

Анализ конструкции и принципа действия указанного устройства показал, что основными недостатками такого инструмента являются недостаточная надежность, обусловленная высокой сложностью конструкции (а соответственно ее стоимостью); необходимостью введения ограничений по реализуемой силе удара вследствие возникновения мощной отдачи, а также относительно низкий КПД устройства.

Для устранения указанных недостатков и достижения поставленной цели настоящей работы была разработана более простая, легкая, компактная и надежная установка ЭГЭ-перфоратора (рисунок 1), а также создан ее макет – лабораторный образец для проведения исследований ее рабочих характеристик (рисунки 2...6).

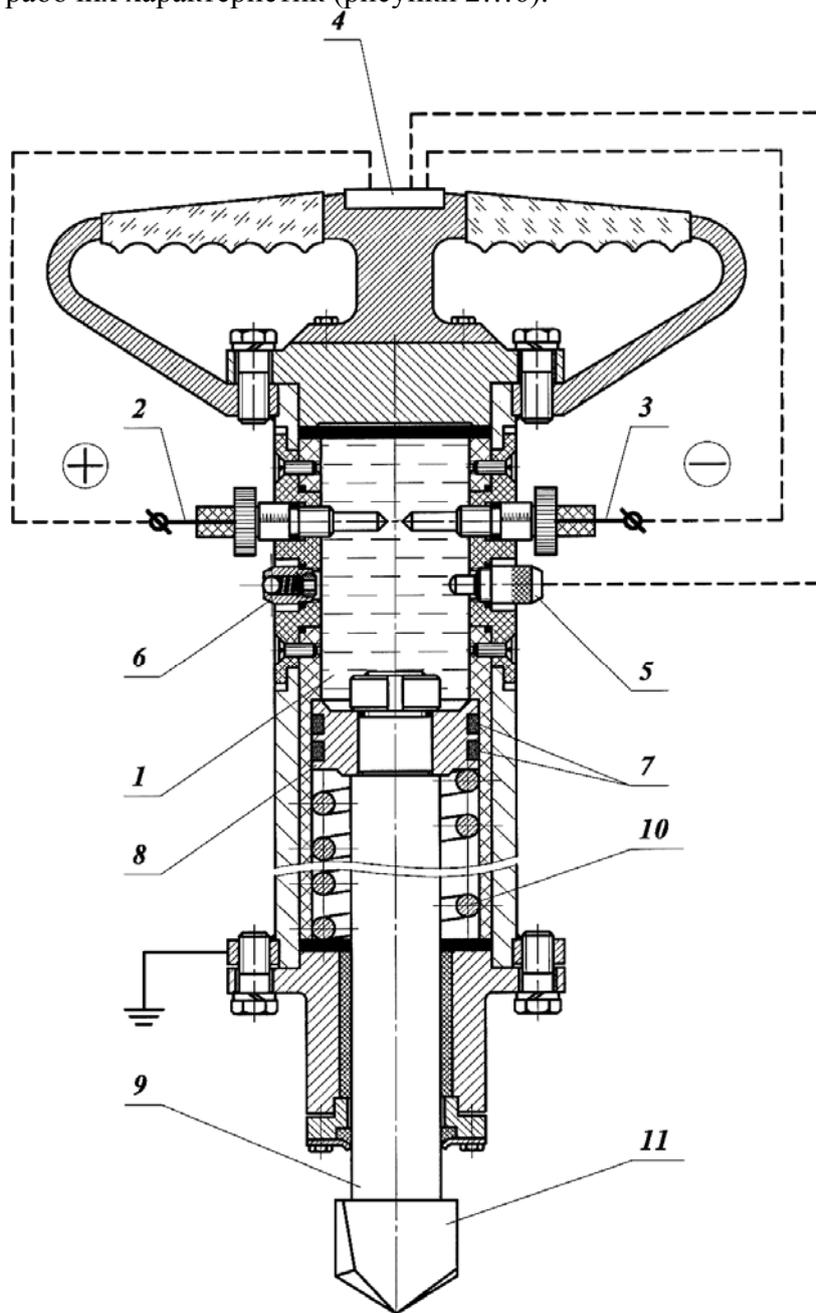


Рисунок 1 – Конструктивно-принципиальная схема ЭГЭ-перфоратора:
 1 – рабочая камера; 2 и 3 – электроды; 4 – пульт управления; 5 – датчик давления;
 6 – обратный гидроклапан; 7 – уплотнительные кольца; 8 – поршень; 9 – шток;
 10 – пружина; 11 – сменный ударный наконечник

Раздел 2. Технология машиностроения и материалы.

Разработанный ЭГЭ-перфоратор (рисунок 1) имеет рабочую камеру 1, заполненную водой с присадками, обеспечивающими ее незамерзание при отрицательных температурах и уменьшающих трение между слоями жидкости. В рабочей камере установлены два электрода 2 и 3 с фторопластовой или аналогичной изоляцией, на которые подают постоянное напряжение с пульта управления 4, где входное напряжение (от сети, аккумулятора или генератора) преобразуется до требуемых величин и может регулироваться.

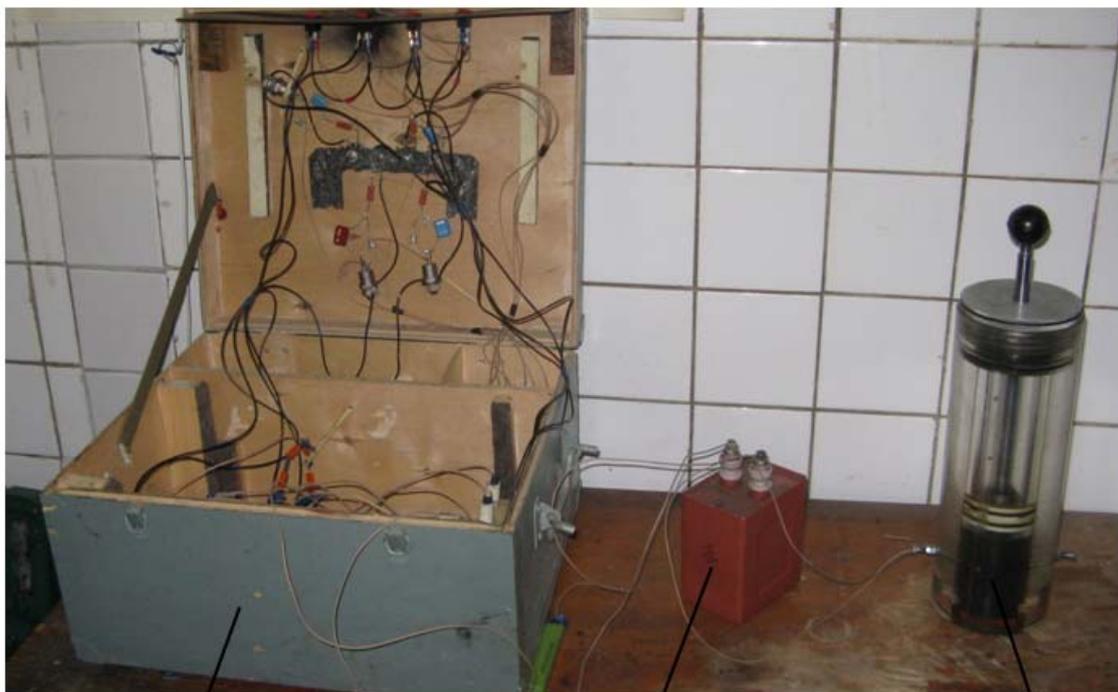
В рабочей камере 1 также установлен датчик давления 5, указывающий на необходимость дополнительной подпитки ее жидкостью через обратный гидроклапан 6. Это можно сделать шприцем или аналогичными средствами (однако в этом практически не возникнет необходимости из-за хорошего уплотнения поршня уплотнительными кольцами 7).

При подаче с пульта управления 4 напряжения разряда между электродами возникает электрическая дуга и мгновенное испарение (кипение) жидкости. Возникающая ударная волна парожидкостной смеси давит на поршень 8 со штоком 9, который, перемещаясь, преодолевает усилие пружины 10, обеспечивая рабочее действие сменным ударным наконечником 11.

После совершения ударного действия происходит процесс конденсации (релаксации) воздушных пузырьков, создается вакуум в рабочей камере 1 и при растяжении пружины 10 поршень 8 смещается в верхнее положение.

Далее процесс повторяется. Величину усилия и частоту удара можно регулировать напряжением, подаваемым на вход электродов от пульта управления 4.

Полученные результаты экспериментальных исследований, проведенные на лабораторном образце (макете) ЭГЭ-перфоратора, показали, что давление жидкости в канале разряда $P_{разр.}$ и КПД ЭГЭ-перфоратора зависит от емкости конденсатора C и индуктивности цепи разряда L электронного блока пульта управления.



Пульт управления

Конденсатор (К75)

Силовой гидроцилиндр

Рисунок 2 – Лабораторный образец (макет) ЭГЭ-перфоратора

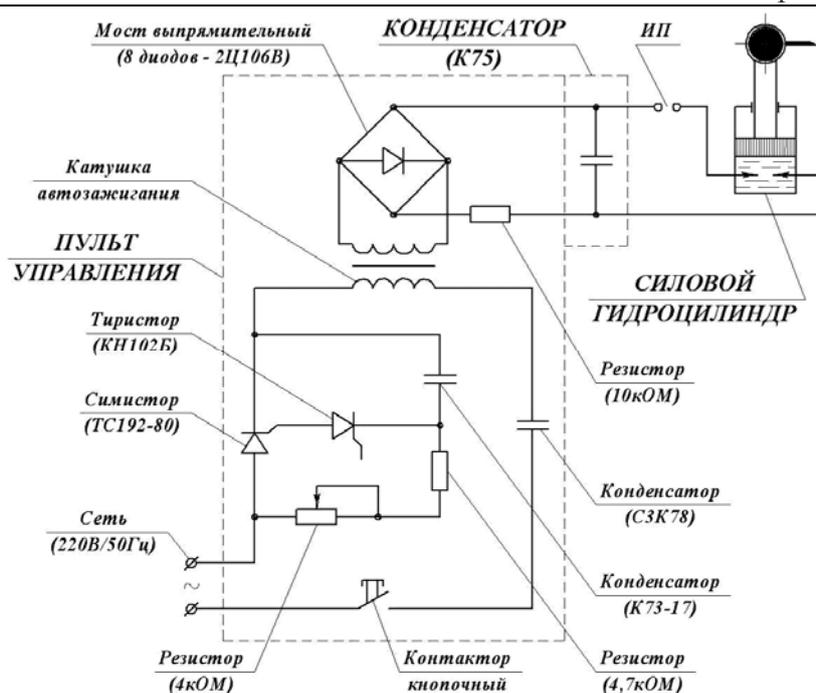


Рисунок 3 – Принципиальная электрическая схема макета ЭГЭ-перфоратора
 $P_{разр.}, (МПа)$

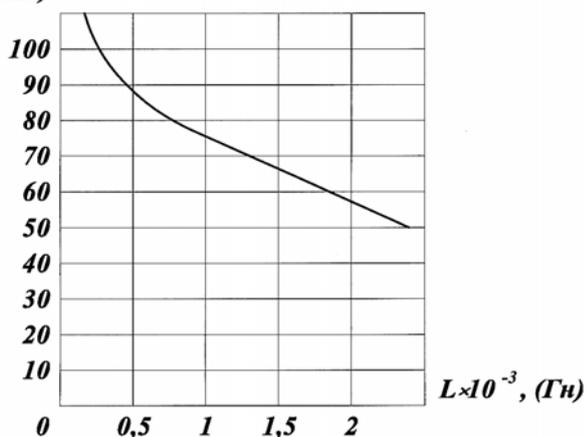


Рисунок 4 – Зависимость давления в канале разряда от индуктивности цепи при
 $U_{пр.} = 40 \cdot 10^3 В$ и постоянной электроемкости $C = 0,01 \cdot 10^{-6} Ф$
 $P_{разр.}, (МПа)$

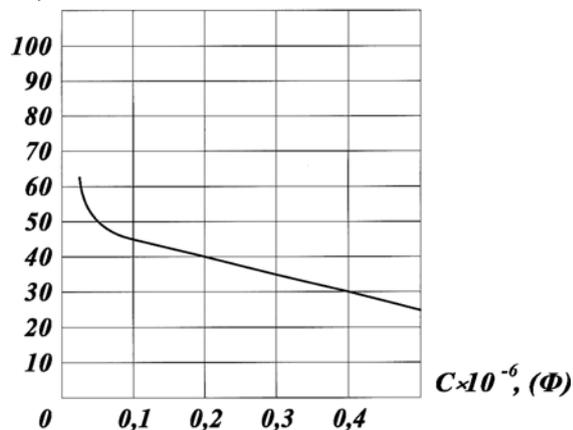


Рисунок 5 – Зависимость давления в канале разряда от электроемкости цепи при
 $U_{пр.} = 40 \cdot 10^3 В$ и постоянной индуктивности $L = 2,2 \cdot 10^{-3} Гн$

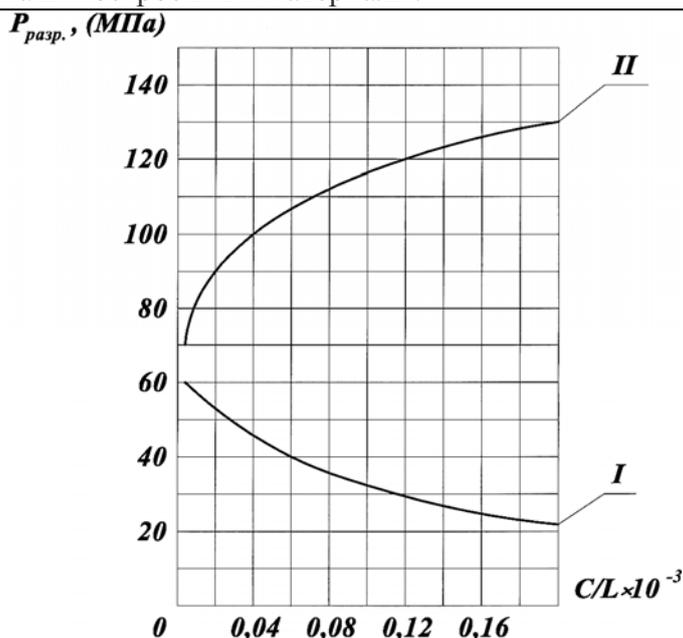


Рисунок 6 – Зависимость давления в канале разряда от отношения C/L

Так, из рисунка 4 видно, что уменьшение индуктивности с $2,2 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$ до $0,02 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$ приводит к увеличению давления разряда с 62 МПа до 130 МПа при постоянной емкости C , а с уменьшением емкости с $0,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ до $0,01 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ и постоянной индуктивности L давление $P_{разр.}$ возрастает с 25 МПа до 62 МПа (рисунок 5). Следовательно, для увеличения $P_{разр.}$ целесообразно уменьшать индуктивность L и емкость конденсатора C .

Однако, как показали экспериментальные исследования, влияние этих параметров на давление $P_{разр.}$ неоднозначно, поэтому для оценки изменения давления в канале разряда целесообразно рассматривать зависимость $P_{разр.}$ от C/L (рисунок 6).

В результате проведенного анализа полученных графических зависимостей, представленных на рисунке 6 (кривая I была получена при уменьшении емкости C и постоянной индуктивности, а кривая II – при уменьшении индуктивности L и постоянной емкости), было установлено, что для увеличения давления жидкости в канале разряда $P_{разр.}$ следует уменьшать значение индуктивности с сохранением постоянной величины емкости.

Также экспериментально было установлено, что в начальный момент движения поршня гидроцилиндра (без нагрузки) давление жидкости в рабочей камере резко падало в 3...5 раз от первоначального $P_{разр.}$, что объяснимо потерей энергии давления при возникновении внутреннего трения между движущимися слоями парожидкостной смеси [1].

Для снижения этих потерь целесообразно использовать жидкость с минимальной вязкостью (например, КПД ЭГЭ-устройства, работающего на воде будет существенно отличаться от КПД ЭГЭ-устройств, работающих на других жидкостях [2]).

Так, при исследовании КПД лабораторного образца было установлено, что при ходе поршня $X \leq 12 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ в воде с присадками КПД ЭГЭ-перфоратора получался равным $\eta = 35...40\%$ и при больших ходах поршня уменьшался [7].

Полученные результаты хорошо согласуются с результатами экспериментальных исследований, приведенными в работе [2], где авторами было установлено, что КПД электрогидравлических устройств, работающих на воде, приближенно равен $\eta \approx 40\%$ при удалении

поршня от канала разряда на расстояние $X \geq 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, а при использовании других жидкостей КПД зависит от их вязкости (таблица 1).

Таблица 1

Значения КПД ЭГЭ-устройств [2]

Рабочая жидкость	Коэффициент кинематической вязкости ν , (См)	η_{\max}
Вода	0,01005	35...40%
Антифриз «Экосол-40»	0,02426	33...38%
Машинное масло «Lotos L-AN»	0,092	25...30%
Трансформаторное масло «ТКп»	0,28	7...12%

Как видно из таблицы 1, наибольший КПД имеет вода, что при прочих равных условиях более чем в 5 раз больше, чем, например, КПД трансформаторного масла.

Отсюда следует, что для увеличения КПД ЭГЭ-устройства необходимо подбирать такую жидкость с соответствующими характеристиками, у которой коэффициент внутреннего трения ее слоев (коэффициент вязкости) был бы меньше.

Так, альтернативой воде, в качестве примера, может выступить полиметилсилоксан (кремнийорганическая жидкость), имеющий вязкость почти в два раза меньшую вязкости воды ($0,0065 \text{ См}$) и более широкий диапазон рабочих температур (от -40° C до $+200^\circ \text{ C}$). Вместо воды или в сочетании с ней также может быть рекомендована силиконовая жидкость марки *DOW Corning 200* с той же вязкостью и температурным диапазоном применения, что и полиметилсилоксан.

Выводы

Обобщая вышеизложенное, можно сказать, что разработанный ЭГЭ-перфоратор может найти широчайшее применение во многих сферах деятельности, где требуется энергия удара отбойником, так как на данный момент он является наиболее технически совершенным устройством любого аналога отбойного молотка (перфоратора), а его основными достоинствами являются:

- возможность регулировки (с пульта управления) силы и частоты ударов;
- защита людей и операторов от повышенной шумности, свойственных пневматическим и бензиновым отбойным молоткам;
- способность работать как от электрической сети, так и при создании электрического тока аккумулятором или генератором (приводимым в движение от ДВС);
- простота в эксплуатации и обслуживании (за счет простой конструкции, что снижает стоимость применения);
- экологическая чистота (потребляет только электрическую энергию).

Литература

1. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1986, 253 с. ил.
2. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект. М.; Л.: Машгиз, 1955, 52 с.
3. А. с. 105011 (СССР). Способ получения высоких и сверхвысоких давлений / Л.А. Юткин, Л.И. Гольцова. – Заявл. 15.04.50, № 416898; Оpubл. в Б.И., 1957, № 1.
4. А.с. 129945 (СССР). Способ получения высоких и сверхвысоких давлений и устройство для его осуществления / Л.А. Юткин, Л.И. Гольцова. – Заявл. 29.12.52, № 605995/25; Оpubл. в Б.И., 1963, № 20.
5. Патент РФ № 74335 Электрогидравлическое устройство ударного действия. Оpubл.

29.12.07.

6. Патент РФ № 2015873 Инструмент с электрогидравлическим приводом. Опубл. 15.07.94.
7. Соковиков В.К., Строков П.И. и др. Беспрецизионный электрогидравлический ТНВД // Автомобильная промышленность. – 2005, № 3, с. 21-24.

Роботизация операций завинчивания крепежно-резьбообразующих деталей

д.т.н. проф. Березин С.Я., Охрименко М.И.
Читинский государственный университет

Ключевые слова: роботизация сборочных операций, стандартизация крепежных деталей, точность позиционирования, ориентация и базирование детали, управление режимом сборки.

Сборка традиционно считается наиболее сложной областью применения манипуляционных систем. Она предъявляет высокие требования к точности работы манипулятора, сложности управления и эффективности работы комплекса в целом. Вместе с тем, сборка является одной из самых перспективных областей применения роботов, так как доля сборочных работ на производстве достаточно велика и в некоторых отраслях достигает до 70% трудозатрат в общем объеме технологических операций. Высока, в частности, перспектива использования роботов в завинчивающих операциях при сборке резьбовых соединений, где необходимо решать проблемы автоматизации накопления собираемых деталей и их подачи на позицию сборки, ориентации осей, предварительной установки крепежа в отверстиях, наживления, завинчивания, затяжки и послесборочных переходов.

Немало проблем возникает с управлением режимами работы приводов завинчивающих модулей (головок), их оснащением информационными устройствами, созданием управляющего программного обеспечения и т.д.

Сложности, связанные с обеспечением совмещения осей, пространственной ориентацией для выхода в точку сопряжения, удерживания деталей с необходимыми показателями жесткости, с выдерживанием требуемых рабочих усилий, успешно решаются применением адаптивных промышленных роботов.

В настоящее время значительно усложнились требования к реализации завинчивающих операций, расширилась номенклатура соединений и усложнились условия сопряжения.

Широкое внедрение самонарезающего крепежа остро нуждается в автоматизации операций по его монтажу [1]. Разнотипность конструкций крепёжных элементов вызывает проблему унификации их исполнения для обеспечения роботов завинчивающими головками. Только у винтов стандартных видов известны более 50-ти различных исполнений головок и элементов для передачи крутящих моментов. Фирмы-лидеры в производстве завинчивающих блоков для технологического оборудования испытывают значительные трудности в разработке универсальных конструкций для сборочных операций.

Показатели точности позиционирования, которые могут быть достигнуты в манипуляторах, а также точность базирования деталей на сборочном столе будут в значительном числе случаев ниже требуемой точности сопряжения собираемых деталей. В таких условиях сборка становится возможной за счет взаимодействия сопрягаемых поверхностей деталей и использования их в качестве направляющих при сочленении деталей. Для того чтобы избежать заклинивания, вызванного недостаточной точностью движения схвата, можно ввести силовую обратную связь, позволяющую идентифицировать момент заклинивания и вносить коррекцию в движение схвата или же использовать активную или пассивную податливость схвата. Могут быть также применены поисковые движения, типа малых колебаний схвата, в ходе которых периодически возникают благоприятные условия для продвижения сопрягаемых деталей [2].

Таким образом, имеется немало перспектив в разработке систем базирования и фикса-