

Научная статья
УДК 625.76.08

Разработка конструкции секционной стрелы позвоночного типа на спецшасси для строительных демонтажных работ

Денис Сергеевич Минц¹, Александра Михайловна Погонина²

^{1,2}Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
Москва, Россия

¹den.mints98@mail.ru

²alexandra.pogonina@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается конструкция спроектированной гибкой стрелы на специальном шасси для демонтажных строительных работ в стесненных условиях. Приводится подробное описание основных элементов конструкции, их назначений, а также принципов их работы. Разработанные 3-d модели разработанной для демонтажных работ конструкции спецмашины с гибкой стрелой. В качестве основного рабочего оборудования в работе рассмотрены гидравлические ножницы. Представлены технические решения их конструкции для работы с мелким строительным мусором, бетонными конструкциями и арматурой. Предложены варианты дооснащения специальным оборудованием для работы в разный временной суточный промежуток и в различных условиях как в стесненных, так и на открытой строительной площадке. Для управления гибкой стрелой было разработано гидрооборудование: специальный гидрораспределитель и гибкие оболочки, которые в комплексе отвечают за плавное и точное движение гибкой стрелы в стесненных условиях строительной площадки, а также приводятся варианты практического применения разработанной конструкции гибкой стрелы.

Ключевые слова: демонтажные работы, гибкая стрела, позвонок, шаговый гидрораспределитель, гидроножницы, строительные машины.

Для цитирования: Минц Д.С., Погонина А.М. Разработка конструкции секционной стрелы позвоночного типа на спецшасси для строительных демонтажных работ // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2024. №1 (39).

Original article

Development of the design of a sectional boom of the vertebral type on a special chassis for construction dismantling work

Denis S. Mints¹, Alexandra M. Pogonina²,

^{1,2}Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI),
Moscow, Russia

¹den.mints98@mail.ru

²alexandra.pogonina@gmail.com

Abstract. The article discusses the design of a designed flexible boom on a special chassis for dismantling construction work in cramped conditions. A detailed description of the main structural elements, their purposes, as well as operating principles is provided. Developed 3-D models of a special vehicle structure with a flexible boom designed for dismantling work. Hydraulic shears are considered as the main working equipment in this work. Technical solutions for their design for working with small construction waste, concrete structures and reinforcement are presented. Options for retrofitting with special equipment for working at different times of the day and under different conditions, both in cramped and open construction sites, are proposed. To control the flexible boom, hydraulic equipment was developed: a special hydraulic distributor and flexible shells, which together are responsible for the smooth and precise movement of the flexible boom in cramped conditions of the construction site. As conclusions, the work provides options for the practical application of the developed flexible boom design.

Keywords: dismantling work, flexible boom, vertebra, stepper hydraulic distributor, hydraulic shears, construction machines.

For citation: Denis S. Mints¹, Alexandra M. Pogonina². Development of the design of a sectional boom of the vertebral type on a special chassis for construction dismantling work // *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2024. №1 (39).

Актуальность темы

Для демонтажа строительных конструкций при строительстве используется специализированная техника и оборудование, которое должно обеспечивать безопасность строительных работ. Современная строительная техника не всегда может справиться с проблемой демонтажа бетонных конструкций с арматурой в силу ограничения работы по таким параметрам как автономность работы, скорость, маневренность и обеспечение плавности хода при работе на неровной поверхности в условиях завала. Для данной задачи была спроектирована машина с позвонковой стрелой на шагающем шасси.

Новизна разработки конструкции заключается в проектировании абсолютно нового рабочего оборудования – позвонковой стрелы, которая за счет продуманного управления позволит работать в самом эпицентре разрушений [3].

Разрабатываемая конструкция спецтехники представляет собой самоходное транспортное средство, предназначенное для работы в стесненных условиях строительных площадок. Управляется дистанционно в целях сокращения ручного труда и для обеспечения безопасности людей. Конструкция приводится в движения от аккумуляторов. Предназначена для 6-ти часовой работы без перерыва.

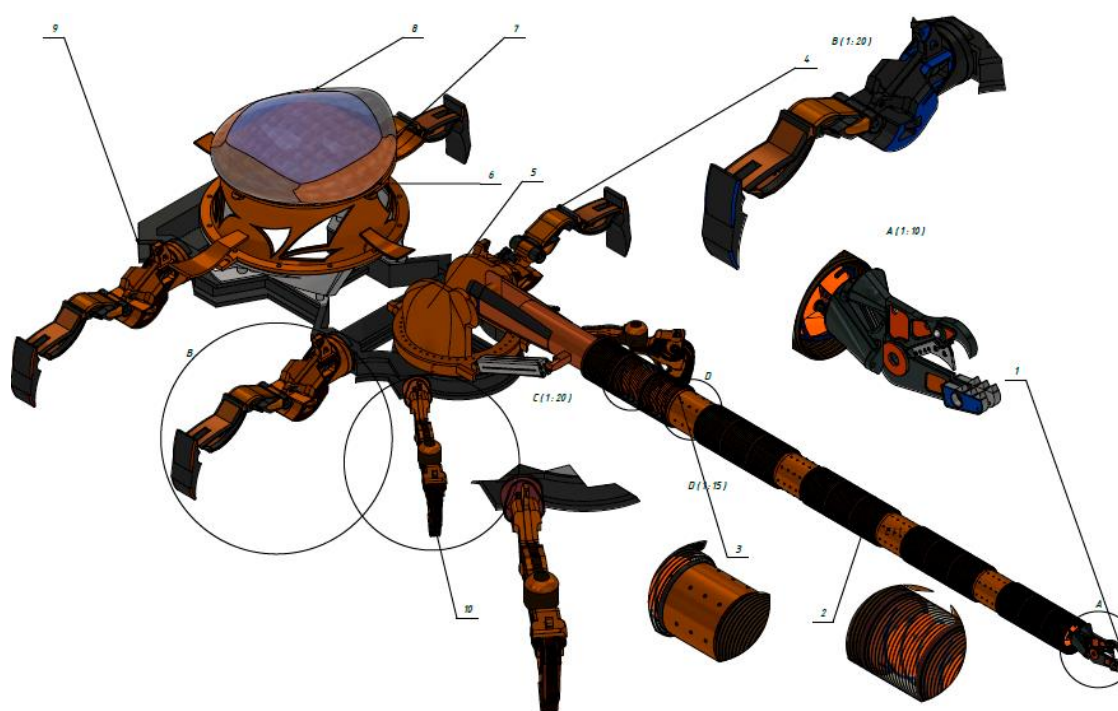


Рис. 1. Аксонометрия машины: 1 – гидравлические ножницы, 2 – позвонок, 3 – распределитель, 4 – нога опорная, 5 – поворотный круг, 6 – каркас для бака, 7 – поставка для каркаса, 8 – бак, 9 – рама, 10 – передняя выдвижная нога

Конструкция проектируемой спецмашины состоит из следующих основных частей:

1. Рабочий орган (гидроножницы) – предназначен для перекусывания арматуры, захвата и перемещения малогабаритных обломков бетона и другого строительного мусора.
2. Позвонковая рукоять – состоит из секций и распределителей и позволяет стреле принимать разные положения для удобства работ.

3. Поворотный круг – обеспечивает поворот стрелы. Предназначен для ее фиксации в транспортном положении.

4. Опорные ноги – являются частью ходового оборудования и основным способом передвижения машины.

5. Каркас бака – предохраняет бак от повреждения в случае аварии.

6. Бак – в нем находится техническая жидкость.

7. Передние выдвижные ноги – используются в качестве дополнительной опоры при работе на наклонной поверхности.



Рис. 2. Гибкая стрела с гидроножицами

Гибкая стрела – техническое решение, позволяющее использовать технику на различных строительных площадках. Эта конструкция может работать в труднодоступных местах, а также поднимать и перемещать грузы с высокой точностью. Гибкая стрела позволяет обходить препятствия и быстро подстраиваться под специфические условия работы.

Позвонковая стрела состоит из пяти секций, каждая из которых способна поворачиваться на угол 15 градусов в нужном направлении, состоит из трех гибких базовых сегментов, которые могут быть собраны вместе модульным способом. Каждый позвонок шарнирно-сочленён шаровым шарниром, обеспечивающий жесткое соединение конструкции при этом давая достаточную степень свободы.

Каждая гибкая секция осуществляет изменение угла наклона автономно и независимо от других гибких частей за счет, подводимых к ним двух гидролиний: напорной и сливной, которые сделаны в виде пружины, чтобы во время изгиба трубки не прогибались и не мешали работе позвонка.

Сменность всей конструкции для облегчения ремонтных и монтажных работ осуществляется с помощью сборных муфт, расположенных на каждом позвонке по бокам от гидравлических подушек. Также для удобства монтажа на позвонках и дисковых платформах предусмотрены три паза, для более точного присоединения конструкции.

Защита от внешних факторов таких как: пыли, грязи, мелкодисперсных частиц осуществляется с помощью защитного кожуха.

Гидравлические ножницы – это одно из наиболее эффективных инструментов, используемых в качестве рабочего оборудования гибкой стрелы. Этот инструмент позволяет быстро и точно резать металлические геометрические фигуры и профили. Гидравлические ножницы могут использоваться для резки металлических листов, труб и других материалов, что даёт возможность производить работу с высокой точностью и скоростью.



Рис. 3. Общий вид гидроножниц

Основу гидроножниц (рис. 3) составляет нижняя и верхняя щека. Подвижной является только нижняя. Эта особенность конструкции секционной стрелы позволяет не ограничивать перемещение и поворот

ножниц во всех рабочих плоскостях и подбирать малогабаритный мусор. Лезвие, расположенное на верхней щеке, может резать арматуру, а также не дает бетонным блокам соскользнуть с нижнего хвата. На гидроножницах на верхней щеке располагается источник освещения и камера дистанционного слежения с инфракрасным излучением.

Нижняя щека гидроножниц крепится к последнему позвонку с помощью поворотного круга, который обеспечивает ее крутящим моментом относительно оси z . Для удобства захвата объектов, расположенных под углом, не требуется при этом поворот всей стрелы сразу.

Гибкая стрела, состоящая из пяти секций (рис. 4), представляет собой уникальную конструкцию, которая обеспечивает максимальную гибкость и точность. Каждая из пяти секций двигается независимо от других, что позволяет ей адаптироваться к любым условиям. Каждая секция имеет свою собственную систему управления, что обеспечивает максимальную точность и маневренность.

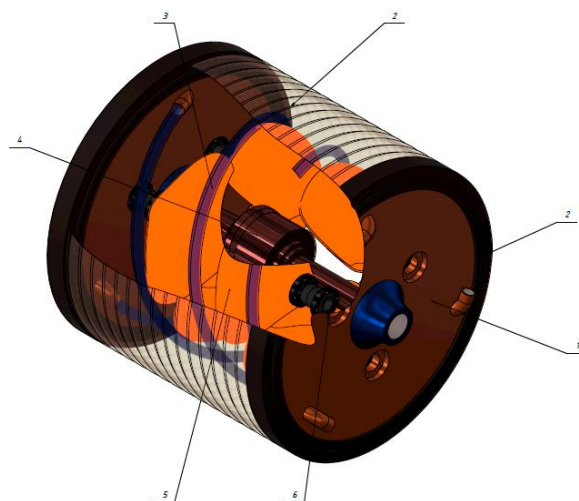


Рис. 4. Общий вид позвонка: 1 – крепежная пластина; 2 – крепление для защитного короба; 3 – трубки напорной, всасывающей, а также электрических датчиков и проводов; 4 – шаровый шарнир; 5 – подушки; 6 – гибкие муфты крепления

Крепежная пластина (рис. 5) служит основой конструкции позвонка. В качестве материала изготовления выбрана сталь марки 40ХНМА, которая обычно используется для тяжело нагруженных деталей. В пластине

предусмотрены шесть симметричных отверстий с двух сторон диска для установки на нее крепления и последующей установки защитного короба (1). Также по бокам фрезеруются три отверстия под муфты, с четырьмя отверстиями под болтовое соединение, расположенные под углом 120 градусов, создавая равносторонний треугольник.

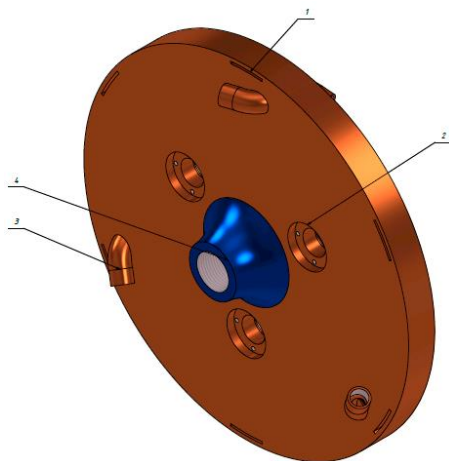


Рис. 4. Модель крепёжной пластины

Для крепления напорной и сливной гидролиний предусмотрены литые патрубки [1, 2].

Крепление для защитного кожуха изготавливается из полиацетали - пластика, отличающегося высокой стойкостью к ударным нагрузкам, устойчивостью к маслам и органическим растворителям, минимальным влагопоглощением, диалектичностью. Изготавливается из материала отличного от диска материала для уменьшения веса позвонка, а также предохраняя диски от ударных нагрузок.

Форма пружины гидравлических трубок (рис. 6) служит для устранения провисания и более подходит для растяжения сжатия при изменении угла наклона позвонка. Каждая из трех трубок имеет по одному витку для уменьшения затрат на материалы и для размещения сразу трех трубок с разным шагом витка, сечение каждой из трубок составляет 32 мм толщиной 2 мм изготавливается из армированного ПВХ.

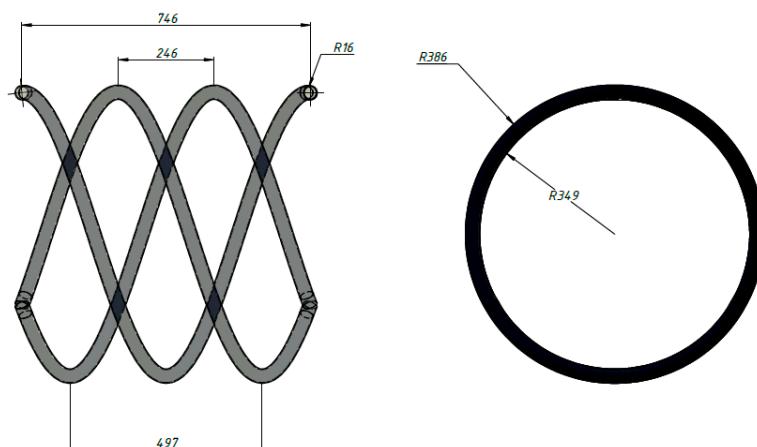


Рис. 6. Модель патрубков

По сравнению с прототипами, устройство шарового шарнирного сочленения (рис. 7) убирает крутящий момент вокруг оси сферической головки, при этом обеспечивая наклон в необходимых для работы направлениях под углом 15 градусов и сборку шарового шарнирного сочленения, тем самым значительно экономя время, так как не требует совместной подгонки сопрягаемых сферических поверхностей, как в прототипах.

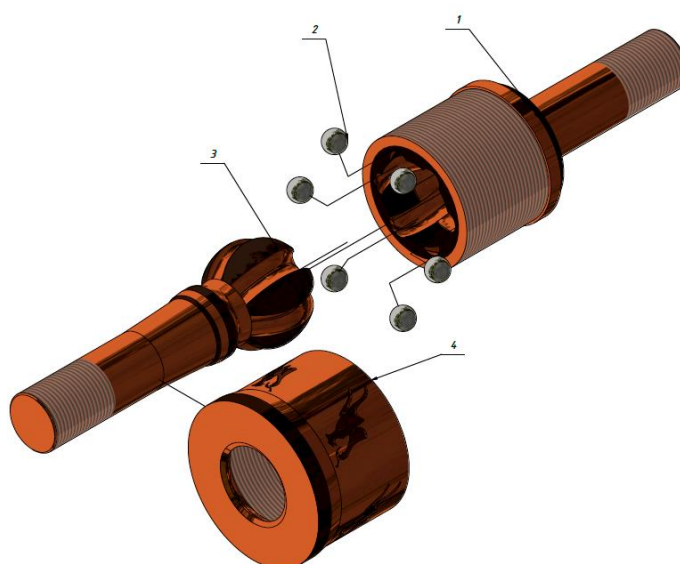


Рис. 7. Шаровый шарнир: 1 – державка с седлом под головку, 2 – шарики упорные; 3 – сферическая головка шарового шарнира с хвостовиком, 4 – крышка

Все соединения являются разъёмными, тем самым облегчая замену и ремонт поврежденных его частей.

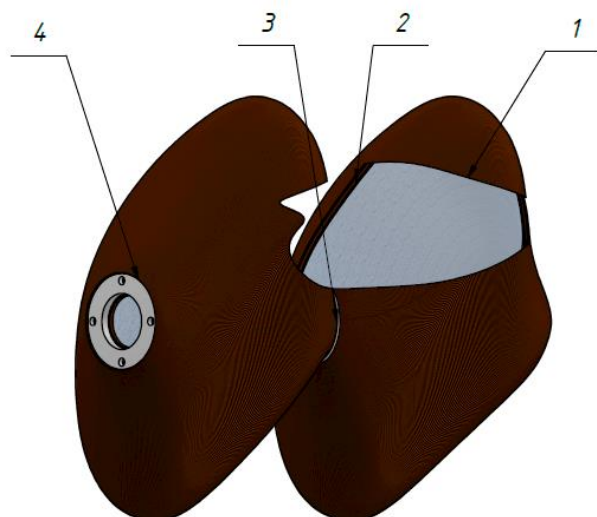


Рис. 8. Модель подушек: 1 – верхний защитный слой подушек, 2 – внутренний слой, 3 – прижимное кольцо, 4 – крепежная пластина под фланец

Подушки (рис. 8) состоят из двух слоев: наружный 1 предохраняет от внешних факторов, а внутренний 2 используется как резервуар для технической жидкости. Прижимное кольцо 3 предотвращает подушки от расширения.

Для изготовления подушек, наполняемых гидравлической жидкостью, работающих при сверхбольших нагрузках, можно применять материалы такие, как высокомолекулярный полиэтилен (UHMWPE), арамидные волокна (например, Kevlar) или стекловолокно.

Форма подушек разработана таким образом, чтобы при наполнении и опустошении они могли сгибаться только в одной плоскости, в виде гармошки, увеличивая тем самым угол наклона позвонка. Сечение между ними помогает сократить снижение давления за счет резкого перепада диаметров.

Гидравлический распределитель (рис. 9) является одним из ключевых элементов в системе управления гибкой стрелы [4, 5].

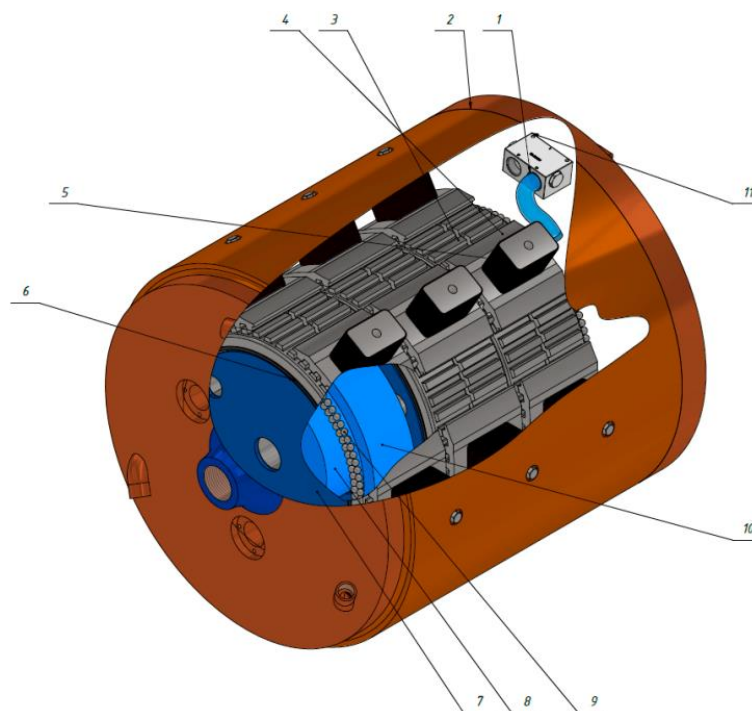


Рис. 9. Модель гидрораспределителя: 1 – трубка на напорную гидролинию, 2 – корпус распределителя, 3 – диск распределителя, 4 – ферримагнитный сердечник, 5 – обмотка медной проволоки, 6 – резиновое уплотнение, 7 – неферримагнитный диск, 8 – магнит большой, 9 – шар, 10 – малый магнит, 11 – делитель потока

Гидрораспределитель работает по принципу шагового гибридного электродвигателя за счет шести ферримагнитных сердечников, расположенных по окружности дисков распределителей под углом 60 градусов, каждый из которых при попарной подаче тока в противоположные обмотки изменяет полярность разноименных полюсов диска распределителя, расположенных за зубьями статора и отталкивание одноименных, идущих перед ними по ходу вращения.

Заключение

1. Разработанная конструкция гидрораспределителя является уникальным решением управления технической системы, которая позволяет автономно управлять каждой секцией стрелы.
2. Моделирование гибких оболочек позволяет обосновать выбранные размеры и конструкцию или скорректировать значение,

использование гибких оболочек позволяет изменять угол поворота стрелы плавно и точно, регулируя подачу технической жидкости.

3. Создание визуальных моделей используется для создания мультимедийных пособий по конструированию спецмашин в учебном процессе.

4. Разработанная конструкция гибкой стрелы и ее система управления может быть использована и в других областях эксплуатации спецсредств, например, при обработке воздушных судов противообледенительной жидкостью.

Список источников

1. Алексеева, Т.В. Гидравлические машины и гидропривод мобильных машин / Т.В. Алексеева, Н.С. Галдин, Э.Б. Шерман. – Новосибирск : НГУ, 1994. – 212 с.
2. Башта, Т.М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика / Т.М. Башта. – М.: Машиностроение, 1972. – 320 с.
3. Полосин, М.Д. Машинист дорожных и строительных машин: Учеб. пособие для нач. проф. образования / М.Д. Полосин. – М.: Издательский центр «Академия», 2002. – 288 с.
4. Сабуренков, С.Е. Расчет параметров элементов гидропривода и подбор гидроагрегатов для гидросистем дорожно-строительных машин: учебно-методическое пособие / С.Е. Сабуренков, В.М. Коншин. – М.: МАДИ, 2021. – 64 с.
5. Полосин, М.Д. Техническое обслуживание и ремонт дорожно-строительных машин: учеб. пособие для нач. проф. образования / М.Д. Полосин, Э.Г. Ронинсон. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 352 с.

References

1. Alekseeva T.V. Galdin N.S., Sherman E.B. *Gidravlicheskie mashini I gidroprivod mobilnih mashin* (Hydraulic machines and hydraulic drive of mobile machines), Novosibirsk, NGU, 1994, 212p.
2. Bashta T.M. *Gidroprivod I gidropnevmatika* (Hydraulic drive and hydropneumatic automation), Moscow, Mashinostroenie, 1972, 320p.
3. Polosin M.D. *Mashinist dorozhnikh I stroitel'nykh mashin* (Machinist of road and construction machines), Moscow, Academy, 2002, 288p.

4. Saburenkov S.E., Konshin V.M., *Raschet parametrov elementov gidroprivoda I podbor gidroagregatov dlya gidrosistem dorozhno-stroitel'nykh mashin* (Calculation of parameters of hydraulic drive elements and selection of hydraulic aggregates for hydraulic systems of road construction machines), Moscow, MADI, 2021, 64p.

5. Polosin M.D., Roninson E.G. *Tekhnicheskoe obsluzhivanie I remont dorozhno-stroitel'nykh mashin* (Maintenance and repair of road construction machines), Moscow, Academy, 2005, 352p.

Рецензент: Г.В. Кустарев, канд. техн. наук, доц., МАДИ

Информация об авторах

Минц Денис Сергеевич, аспирант, МАДИ.

Погонина Александра Михайловна, канд. техн. наук, доц., МАДИ.

Information about the authors

Mints Denis S., graduate, MADI.

Pogonina Alexandra M., Candidate of Sciences (Technical), associated professor, MADI.

Статья поступила в редакцию 17.01.2024; одобрена после рецензирования 29.01.2024; принята к публикации 21.03.2024.

The article was submitted 17.01.2024; approved after reviewing 29.01.2024; accepted for publication 21.03.2024.