

# Универсальная механика роботов

---

**Случается нередко нам  
И труд и мудрость видеть там,  
Где стоит только догадаться  
За дело просто взяться.**  
Крылов И.А. Ларчик

## Аннотация

В статье предлагается механическая система, способная давать самые разнообразные перемещения и действовать под водой, в атмосфере и космосе. Изобретение предназначено для создания роботов, экзоскелетов и протезов.

## Содержание

Введение.....	2
1. Сила робота.....	3
2. Мышцы робота.....	4
2.1. Прямые мышцы.....	4
2.2. Гибкие мышцы.....	5
2.3. Угловые мышцы.....	6
2.4. Плоские мышцы.....	6
2.5. Кольцевые мышцы.....	6
3. Тело робота.....	7
3.1. Тело простейшего робота.....	7
3.2. Тело простого робота.....	7
3.3. Тело сложного робота.....	8
Заключение.....	9
Приложение 1. Авторское свидетельство.....	10
Приложение 2. Силовой аппарат робота.....	11
Приложение 3. Схема прямого мускула.....	12
Приложение 4. Гибкий и угловой мускулы.....	13
Приложение 5. Плоские и кольцевые мышцы.....	14

**Антон Ситников  
2019  
МОСКВА**

## Введение

Один из главных недостатков современных роботов – несовершенство их механической части. Для приведения аппаратов в действие обычно используются традиционные пневмо-, гидро- и электроприводы, изготавливаемые с большим участием металлов. Это делает тела механизмов весьма тяжелыми относительно их объема, что, в свою очередь, требует массивных источников энергии, еще больше увеличивающих вес, но, все равно, не способных обеспечить длительное автономное функционирование машин и необходимые силовые характеристики.

Такое положение дел терпимо при производстве стационарных и малоподвижных манипуляторов, но совершенно неприемлемо при создании мобильных устройств. Нельзя сказать, что создатели роботов сидят сложа руки, ничего не делают. Наоборот: во всем мире предпринимаются бесчисленные попытки создать искусственные мышцы, которые были бы легкими, мощными, экономичными, простыми в изготовлении и универсальными. Чтобы их можно было использовать для получения всех необходимых боту движений и в различных средах. Однако, пока лидер в этой гонке не определился. А мышцы получаются либо слабыми, либо сложными, либо дорогими и пригодными лишь для узкого применения.

Автором этих строк движет убеждение, что такие мышцы изобретены им давным-давно, но не используются современными конструкторами из-за своей неизвестности и слабой системной проработанности первоначально высказанной идеи. Речь идет о простом, но универсальном способе получения механического перемещения, защищенным Авторским свидетельством «Захват манипулятора» с приоритетом от 24 августа 1984 г. (см. [приложение 1](#)). Универсальность решения обеспечивается использованием одного и того же силового элемента для получения самых разнообразных движений робота.

В настоящее время, из известных автору попыток, ближе всего подошли к этому принципу изобретатели из Научно-технического университета Китая, создавшие [пневморуку](#) на подобном принципе, представленную на конференции ICRA-2017. Увы! Придется разочаровать китайских товарищей: они изобретают велосипед! Да к тому же, ничего не слышно с тех пор о дальнейшем развитии ими данной идеи. А зря! Потенциал у нее – огромный.

Впрочем, есть еще одна попытка использовать этот принцип движения – американцами, при создании [складной пневморуки](#), представленной уже на ICRA-2019. Только непонятно, **как** они пришли к этой идее: придумали сами, заимствовали у китайцев или у автора этой статьи... Во всяком случае, эти попытки использования идеи убедительно доказывают ее жизнеспособность, но они есть ничто по сравнению с тем, что она способна дать. Именно поэтому ощущается острая необходимость показать все возможности нового подхода, раскрыть все его потенциалы.

## 1. Сила работа

В качестве универсального силового элемента предлагаемой конструкции роботов используется камера овальной в поперечном сечении формы, способная расширяться и сжиматься по направлению малой оси овала при изменении давления в ней. В продольных сечениях по малой и большой осям овала форма камеры диктуется теми обстоятельствами, в которых ей придется работать, но, в любом случае, эта форма должна исключать лишние напряжения в материале при расширении и сжатии камеры. Наиболее простыми видами формы камеры в продольных сечениях являются круглая – в форме метательного диска, и прямоугольная – в виде подушки с закругленными углами. (В [прил. 2](#) изображен второй вариант.)

Силовая камера изготавливается из прочного, герметичного, упругого и гибкого, но нерастяжимого материала. Прочность необходима для сохранения целостности камеры при выполнении работы с высокими нагрузками. Герметичность требуется для обеспечения работоспособности камеры и изоляции ее от окружающей среды. Упругость материала гарантирует сохранение камерой формы в нейтральном, нерабочем состоянии. Гибкость нужна для изменения формы камеры и максимальной возможной износостойкости ее. Ведь в процессе жизни робота ей придется миллионы раз расширяться и сокращаться. Нерастяжимость материала камеры диктуется тем, что она должна изменять свой объем лишь в тех пределах, которые диктуются формой ее покроя. Она не должна это делать за счет растяжения материала.

Для изменения формы камеры используется газ или жидкость. Выбор вещества зависит от необходимой силы, скорости и точности движений робота, а также среды, в которой ему придется действовать. В атмосфере наилучшим вариантом будет газ или их смесь в виде воздуха. Это значительно уменьшит вес и стоимость устройства. В воде логично использовать жидкость. Для изменения формы камеры можно использовать и электрический ток. Но для его применения камеры нужно делать из электроактивных полимеров. А расширение и сжатие камер получать не путем изменения давления в них, а за счет изменения формы камерных стенок при подаче напряжения на них.

Этот вариант особенно актуален для мелких роботов, внутри которых невозможно расположить нагнетатель рабочего вещества в виде обычного насоса или компрессора. В роли создателя давления в рабочем веществе могут использоваться сами камеры из электрополимеров. Так как при расширении и сокращении под воздействием электричества они создают давление и разрежение внутри себя. То есть, они могут быть не только исполнительными, но и **нагнетательными**, управляющими величиной давления в обычных камерах. Из электрокамер можно образовать «сердце» робота – устройство, способное создавать давление в его «крови» и подавать его к исполнительным камерам. (Принципиальная силовая схема робота представлена в [прил. 2](#).)

## 2. Мышцы робота

Силовые камеры можно соединять между собой различными способами, что дает следующие виды мышц – прямые, гибкие, угловые, плоские и кольцевые. Рассмотрим их по порядку.

### 2.1. Прямые мышцы

Мышцы робота, способные совершать прямолинейные движения, получаются из двух и более элементарных силовых камер, соединенных между собой по малой оси их овала. Это дает возможность получать гораздо бóльшие линейные перемещения за счет суммирования передвижений, даваемых каждой отдельной камерой.

Более того, для устранения внешних помех при работе мускула и обеспечения независимости ее от вида и состояния окружающей среды, соединенные в одно целое элементарные камеры заключаются в замкнутую оболочку (кожух) из однородного с ними материала. Кожух разделен внутри себя на камеры, которые можно назвать **вспомогательными** (периферийными) по отношению к **основным** (центральному). (В [прил. 3](#) изображен вариант робомускула из трех силовых основных камер и двух вспомогательных.)

По сути, предлагаемое устройство представляет собой гибкий цилиндр **двухстороннего** действия, в котором основные камеры работают на распрямление мускула в рабочем направлении, а общая, наружная камера (гибкая гильза) обеспечивает его сокращение. Поэтому такой мускул обладает следующими основными характеристиками:

1. Он может работать независимо от давления окружающей среды. Даже в вакууме мышца будет сокращаться за счет давления вспомогательных камер. Что сделает ее работу возможной в открытом космосе.
2. Вспомогательные камеры могут давать более высокое давление, нежели окружающая среда, потому и основные камеры будут работать под более высоким напряжением, что обеспечит более точные и лучше контролируемые движения робота.
3. Конструкция мускула исключает утечки рабочей среды за счет износа трущихся соединений, как это есть в традиционных пневмо- и гидроприводах.
4. Мускул сможет работать не только при сокращении, но и при удлинении, потому как вспомогательные камеры смогут предотвратить его изгиб в поперечном направлении за счет работы в одном режиме с основными камерами (на увеличение давления).
5. Мягкие мускулы гораздо легче тех, что изготавливаются из металлов. Кроме того, они могут быть сложены в компактное состояние, что важно при транспортировке роботов.

## 2.2. Гибкие мышцы

Для создания гибкого мускула необходимо одну из сторон его кожуха, примыкающую к центральным камерам со стороны большой оси овала, заменить на гибкую, нерастяжимую и несжимаемую пластину, исключая перемещение этих концов камер из нейтрального положения (см. [прил. 4](#)). Полученная конструкция, при увеличении и уменьшении давления в камерах, будет изгибаться в противоположных направлениях. Для большего эффекта к пластине необходимо присоединить таким же способом набор камер и с противоположной стороны.

Если снабдить некоторые камеры каждого слоя гибкого мускула не общим, а индивидуальным подводом рабочего тела, то такие мышцы смогут изгибаться не по всей длине, а лишь в избранных местах. При этом, остальные части мускула могут стать достаточно твердыми и жесткими, если во все камеры каждого слоя на этих участках будет подано большое давление одновременно. И такие части мускула можно заменять полыми жесткими вставками, получая конструкцию с комбинацией гибких и жестких частей по длине.

Такого рода устройство может использоваться для изготовления не только схватов (захватов), но и крыльев, и хвостов роботов, подобных птицам. Для замены дронов там, где нужна компактность, маневренность и минимальная травмоопасность. Привод, ясно, надо брать, преимущественно, пневматический. Дабы роботы были легче и могли махать крыльями быстрее.

Точно такие же подходы следует применять и для изготовления хвостов и плавников подводных роботов. Но, естественно, с использованием гидропривода. Конечно, они будут двигаться медленнее, нежели те, что имеют винтовой или реактивный движитель, но быстрота перемещения не всегда нужна. Для работы на подводных фермах или для строительства и обслуживания подводных сооружений важна не скорость, а маневренность, экономичность и аккуратность.

Для получения мускула, способного изгибаться не в двух, а в четырех и более направлениях необходимо пластину между слоями заменять гибким нерастяжимым полым или полнотелым сердечником нужного диаметра. А камеры располагать не с двух его сторон, а с четырёх или более. И тогда мы получим устройство в виде хобота слона или щупальца спрута. Для одновременного изгиба круглого гибкого мускула по трем осям координат необходимо, минимум, шесть слоев камер.

Если одновременно в некоторые слои круглого мускула подавать давление, а в других убирать его, то можно получить крутящее движение мускула. Слои камер, увеличивающие свою длину, будут закручиваться вокруг нерастяжимого центра, накрывая сжатые слои. Эту способность мускула можно использовать, например, для аккуратного срывания плодов с растений, открывания дверных ручек и т.п.

### 2.3. Угловые мышцы

Если взять прямой мускул из нескольких камер и соединить их со стороны большой оси овала в одной точке частью кожуха в виде гибкой и нерастяжимой связки, то получится нечто вроде веера камер, способного раскрываться при подаче давления в них и превращаться в плоскую стопку камер при удалении рабочего тела из них. Такие мускулы могут быть использованы для устройства одно- и многосторонних суставов робота. Причем, каждый угловой мускул сможет работать и на сгибание, и на разгибание жестких элементов каркаса, соединенных суставом. И это обеспечит более плавные движения кинетического звена.

Если мощности камер в каком-то направлении недостаточно, то их можно усилить или заменить прямым мускулом из набора камер. (В [прил. 4](#) изображен односторонний сустав из трех камер.)

### 2.4. Плоские мышцы

При соединении камер только со стороны большой оси овала получаются плоские мышцы робота. Эти мускулы можно использовать, к примеру, для сочленения жестких элементов каркаса робота не шарнирных, а более простых – наподобие тех, что есть в позвоночниках животных. Плоские мускулы в таких случаях будут играть роль межпозвоночных дисков.

Для обеспечения сокращения плоских мышц и под весом вышележащих частей тела робота, и тогда, когда робот подвешен или находится в вакууме, необходимо и эти мышцы заключать в герметичный кожух со своим подводом рабочего вещества. А стенки его, перпендикулярные плоскости мускула, следует выполнять в виде достаточно жестких связок, исключающих взаимных сдвиг соединяемых жестких частей каркаса робота. (Сочленение жестких элементов каркаса показано в [прил. 5](#).)

### 2.5. Кольцевые мышцы

Если плоскую мышцу робота выполнить в виде одного ряда камер и соединить свободные концы крайних камер, то возникнет мускул в виде кольца, способный уменьшать его внутренний диаметр и увеличивать наружный при подаче давления в камеры. Эту конструкцию можно использовать в исполнительных органах роботов для захватывания предметов как внутренними, так и наружными поверхностями кольца.

Если же соединить кольцевые мышцы в трубку и заключить ее в нерастяжимую наружную и растяжимую внутреннюю оболочку, то мы будем иметь нечто вроде кишки животных, способной совершать перистальтические движения и перемещать вещества, находящиеся в ней (см. [прил. 5](#)). Размещение таких трубок внутри, скажем, описанного выше хобота позволит срывать плоды деревьев и не перемещать каждый из них до тары, а аккуратно транспортировать их до нее по хоботу. Также, эти мускулы можно использовать для устройства движителей робота, использующих реактивный принцип перемещения.

## 3. Тело робота

### 3.1. Тело простейшего робота

Элементарно простого робота можно изготовить из одной-единственной овальной силовой камеры, превращающейся в шар при полном ее расширении. Источник питания и другие внутренности устройства надо разместить в центре камеры на подвесках по трем или более осям. Робот-колобок может передвигаться под действием внешних сил без собственной активности, но возможно и самостоятельное передвижение посредством перемещения внутренностей механизма из центра камеры в направлении движения или же прыжками, при уменьшении, а потом резком увеличении давления в камере подобно тому, как это есть в автомобильных подушках безопасности.

Очевидно, что такой аппарат сможет запрыгивать на возвышения, перепрыгивать препятствия и спрыгивать с большой высоты без угрозы повреждения внутреннего оборудования. Поскольку полностью надутая камера и подвески внутри будут обеспечивать хорошую амортизацию при приземлении и фиксацию в месте посадки за счет соответствующего уменьшения давления в камере.

### 3.2. Тело простого робота

Уже из простейшего варианта робомускула, изображенного в [прил. 3](#), можно изготовить целое семейство более сложных, но еще довольно простых (бескаркасных) механизмов. Для этого надо взять достаточное количество основных камер, разделить вспомогательные камеры на четыре отсека, для обеспечения поворотов устройства и движения его вверх и вниз, и обеспечить индивидуальную работу основных камер и всех отсеков камер вспомогательных. Тогда устройство будет способно ползать как дождевой червяк или гусеница. Вдобавок, оно сможет пробираться в узкие щели и отверстия за счет того, что из передних камер может быть откачано рабвещество, и они значительно уменьшат свой объем, прижмутся к центру, и могут быть продвинуты через узкий проем, чтобы после этого перетянуть туда тело всего аппарата.

Для минимизации объема и веса устройства источник питания следует располагать в центре механизма в виде гибкого сердечника по всей длине робота, а в качестве нагнетателя рабочего вещества использовать некоторые камеры устройства, выполняя их из электрополимеров. Эти камеры нужно соединить с другими для изменения давления и в них. В нужном объеме и последовательности, диктуемых движениями аппарата в целом. Электрокамеры будут представлять собой нечто вроде нескольких рассредоточенных по телу машины «сердец», приводящих всё устройство в действие. При этом, аппарат может быть совершенно автономным, его внутреннее пространство будет изолировано от внешнего. Для чего общее количество рабвещества в нем должно быть постоянным. Оно, лишь, должно перегоняться из камер в камеры, чтобы обеспечить нужные перемещения робота.

### 3.3. Тело сложного робота

Внутренний каркас сложного робота нетрудно выполнить из комбинации жестких элементов и камерных мышц, располагаемых в сочленениях жестких частей каркаса для изменения их взаимного расположения. В необходимых случаях мышцы в сочленениях должны быть дополнены другими видами мускулов, чтобы получить исполнительные органы робота нужной силы и точности. Сердце крупного робота можно выполнить из традиционных электронасосов или компрессоров, но, вне сомнения, экономичнее и практичнее конструировать его из электрополимерных камер, если последние смогут обеспечить необходимые величины давлений и разрежений внутри них.

Для изоляции всего робота от неблагоприятных воздействий окружающей среды необходимо всю его конструкцию заключить в герметичную и прочную оболочку (кожу). Внутреннее пространство машины должно быть разделено на изолированные отсеки (для повышения ее живучести), и заполнено рабвеществом, соответствующим окружающей среде. Давление его должно превышать давление среды, с целью придать аппарату дополнительную жесткость и красивые внешние формы.

Кожух желательно выполнить двуслойным с тем, чтобы пространство между слоями сделать изолированным от остального внутреннего объема и закачать в эту прослойку газ или жидкость среднего между внутренним и наружным давления. Она будет выполнять роль подкожного «жира», что сделает аппарат похожим на мягкую игрушку и решит проблему с безопасностью функционирования машины в окружении людей или каких-то других «нежных» объектов. А также уменьшит возможность повреждения внутренностей устройства и улучшит их звуко- и термоизоляцию.

Внешний вид роботов не должен определяться нашим детским желанием сделать их полностью идентичными человеку или животным. Это не просто бесполезно, но и вредно. Потому что постоянно придется гадать: живой объект перед нами или же механический? Дабы правильно построить линию своего поведения относительно него. Роботы имеют право на свой стиль. Он должен диктоваться назначением машин и их внутренним устройством.

Нечто похожее на нас и животных должно быть, и будет, но, в обязательном порядке, наши механические помощники должны иметь свой стандарт. Свои формы, свой цвет тела, свою одежду, обувь и головные уборы. Все это должно быть подобно тому, **что** роботы замещают в жизни людей, а именно: экипировке работников, заменяемых ими. На которой должны быть надписи с всей необходимой информацией о машине. Чтобы сразу можно было узнать главное о ней, не теряясь в догадках и не заглядывая в другие источники.



## Заключение

Роботы предлагаемой конструкции будут обладать следующими несомненными достоинствами:

1. Они смогут работать в атмосфере, под водой и в космосе.
2. Их исполнительные органы позволят манипулировать предметами различной конфигурации и жесткости, а также смогут давать машине весь спектр необходимых перемещений – от простого ползания до хождения, плавания и полета.
3. Такие машины будут гораздо легче аналогов. Что обеспечит более длительную автономную работу при тех же источниках питания и уменьшит расходы энергии при их транспортировке в нерабочем состоянии.
4. Тело роботов данной конструкции легко сложить в транспортное положение, выпустив рабочее вещество из камер и сложив их вместе с жесткими частями тела. Что важно при перемещении роботов, особенно на орбиту Земли и на другие планеты.
5. Они будут гораздо надежнее тех, что используют традиционные пневмо-, гидро- и электроприводы, ибо в них отсутствуют трущиеся детали. Когда в роли насосов и компрессоров используются камеры из электрополимеров. Это исключает протечки рабочего вещества, увеличивает срок службы и упрощает техническое обслуживание.
6. Использование рабочих веществ, однородных с окружающей средой, повысит живучесть робота, так как при утечках в случае повреждения робот сможет восстановить необходимый объем рабочего тела, закачав его извне. После устранения «ран».
7. Эти механизмы будут намного безопаснее применяемых обычно сейчас. Вследствие использования мягких приводов и надежной защиты жестких элементов мягким же кожухом.
8. Такие роботы будут действовать бесшумно за счет автономной работы силовых устройств и хорошей изоляции их от окружающей среды.
9. Камерные роботы будут гораздо дешевле аналогов. Ибо их можно изготавливать в великом множестве и разнообразии из одних и тех же, и недорогих, материалов и на одном и том же оборудовании без значительных его переналадок.

Все это обеспечит быстрое распространение роботов не только в промышленном производстве, но и в сельском хозяйстве, быту и космосе. Ведь одна из главных причин торможения в этом деле – сложность механики современных роботов, и вытекающая отсюда дороговизна их.

# Приложение 1. Авторское свидетельство

([Описание изобретения в Базе патентов СССР](#))

СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

## АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 1222547

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий выдал настоящее авторское свидетельство на изобретение:

**"Захват манипулятора"**

Автор (авторы): **СИТНИКОВ АНТОН ИВАНОВИЧ**

Заявитель: **ОН ЖЕ**

Заявка № **3782813** Приоритет изобретения **24августа 1984г.**  
Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР

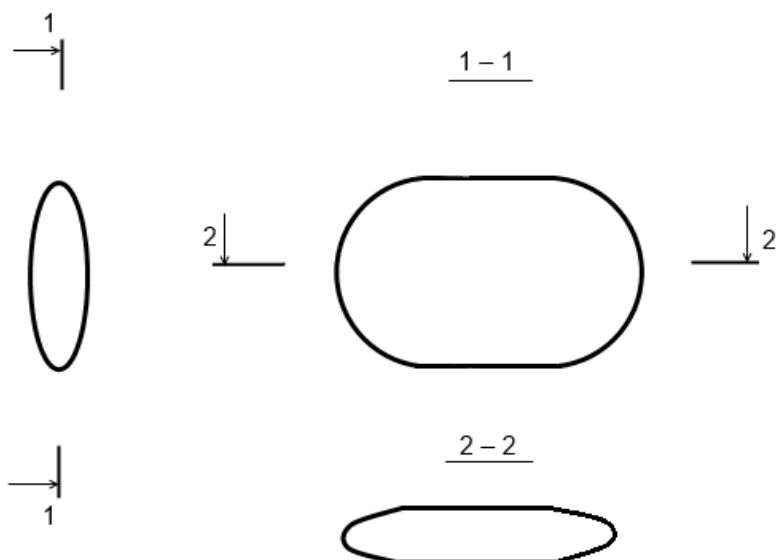
8 декабря 1985г.  
Действие авторского свидетельства распространяется на всю территорию Союза ССР.

Председатель Комитета *А.А.А.*  
Начальник отдела *В.М.М.*

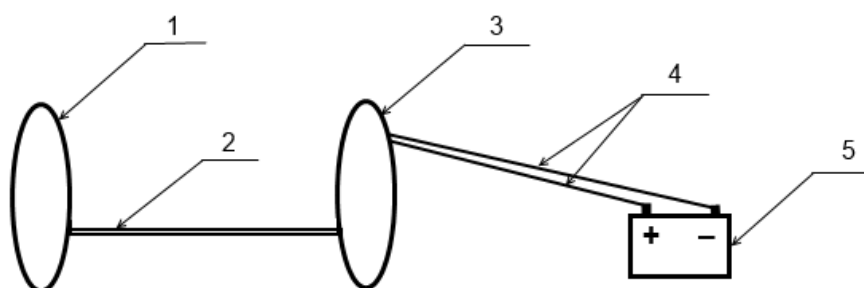
МПФ Гознака, 1979. Зак. 79-3083.

## Приложение 2. Силовой аппарат робота

### СИЛОВАЯ КАМЕРА

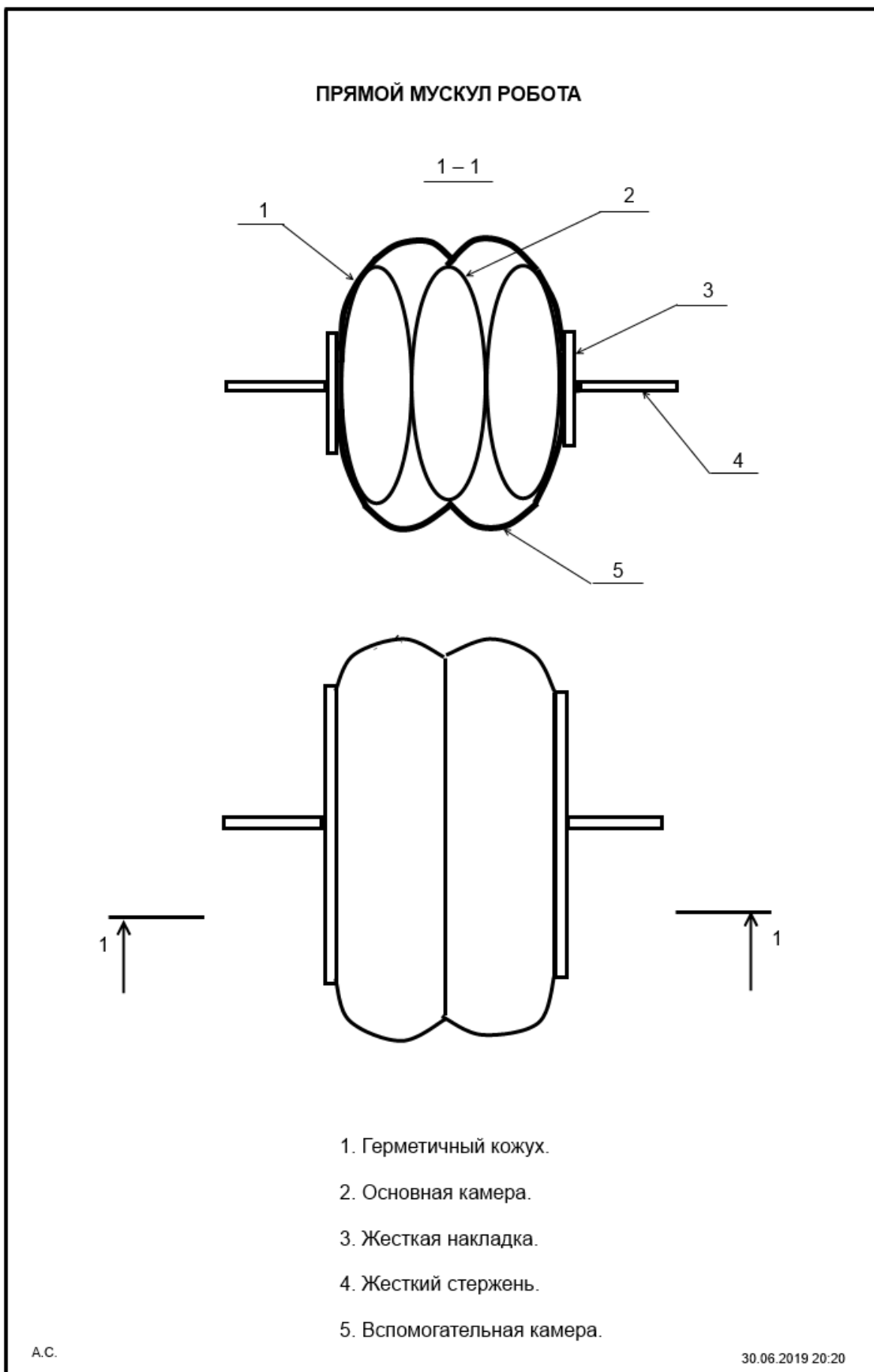


### СИЛОВАЯ СХЕМА РОБОТА

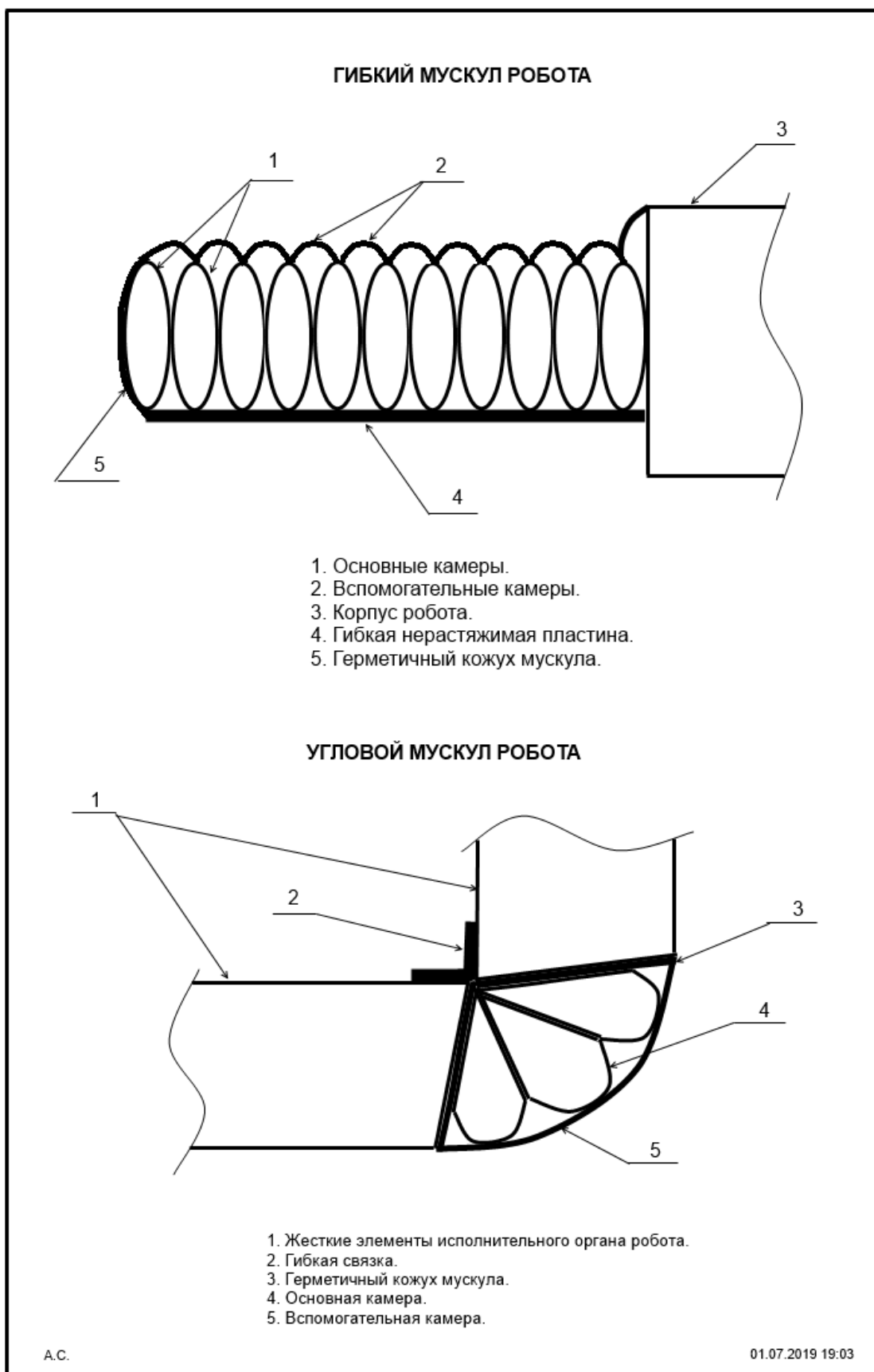


1. Рабочая (исполнительная) камера.
2. Шланг для рабочего вещества.
3. Нагнетательная (сердечная) камера.
4. Электропровода.
5. Источник тока.

### Приложение 3. Схема прямого мускула

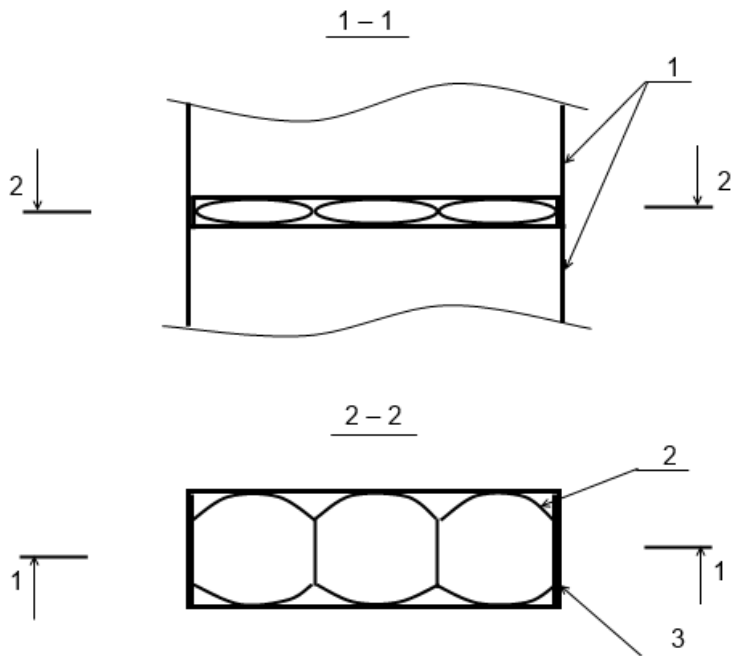


## Приложение 4. Гибкий и угловой мускулы



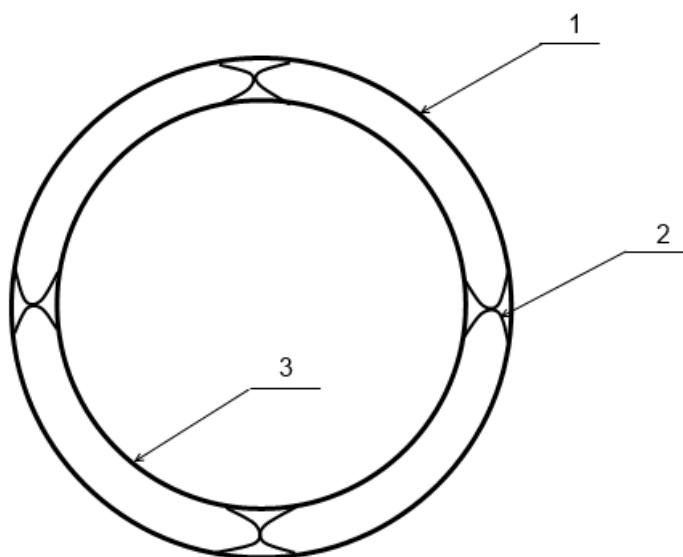
## Приложение 5. Плоские и кольцевые мышцы

### ПЛОСКИЕ МЫШЦЫ РОБОТА



1. Жесткие элементы каркаса робота.
2. Плоский мускул.
3. Связка.

### КОЛЬЦЕВЫЕ МЫШЦЫ РОБОТА



1. Внешняя нерастяжимая оболочка.
2. Рабочая камера.
3. Внутренняя растяжимая оболочка.

[Краткий вариант статьи на портале РобоКрафт.](#)

[Обсуждение предложений на roboforum.ru.](#)