

# **Бионический имплант кисти человека**

Самбук Владислав Олегович

МОУ “Университетский лицей”, “Кванториум Сампо” г. Петрозаводск, 11 класс

Научный руководитель:

Валах Денис Васильевич

“Кванториум Сампо”, педагог дополнительного образования

## Введение

В настоящее время существует следующая проблема: теряя кисть, человек может заменить ее протезом. Всего выделяет три вида протезов: косметические, тяговые, бионические.

1. **Косметические протезы** могут помочь не привлекать к себе внимание прохожих, но никаких функций руки не восстанавливают, совсем не помогая человеку жить так же, как живут люди со всеми конечностями.
2. **Тяговые протезы** уже больше похожи на настоящую кисть, с помощью них человек уже может держать, перемещать различные предметы. Главные недостатки таких протезов: все пальцы движутся вместе, у пальцев всего два положения(сжаты, разжаты).
3. **Бионические протезы** самый разнообразный тип протезов, самые простые работают так же, как и тяговые, в двух положениях, а самые технологичные обеспечивают независимое движение каждого пальца по отдельности.

### Цель проекта

Создать рабочий прототип бионического импланта кисти.

### Задачи проекта

- 1) Проанализировать имеющиеся на рынке аналогичные устройства.
- 2) Изучить литературу по биомеханике мышц.
- 3) Собрать и проанализировать информацию о жизни “киборгов”-людях, которые уже продолжительное время живут с протезом, вместо руки.
- 4) Изготовить и запрограммировать имплант
- 5) Провести тесты
- 6) По результатам испытаний принять решение о необходимости изменений эксплуатационных характеристик полученного устройства

### Целевая аудитория:

Люди лишившиеся, не имеющие с рождения кисти

### План работы над проектом

- 1) Изучение литературы по биомеханике мышц.
- 2) Практическая реализация.
  - 2.1. Разработка принципа работы и проектирование.
  - 2.2. Подбор компонентов для электронной схемы.
  - 2.3. Сборка и пайка.
  - 2.4. Написание кода для работы устройства.
- 3) Тестирование получившегося устройства.
- 4) Формулировка выводов

### Теоретическая часть

1. Принцип работы бионических протезов

Технология биоэлектрической системы управления, которая используется в протезах сегодня, была разработана советскими учеными в 1960 году и описана в журнале “Радио”. Суть таких протезов состоит в том, что после ампутации культя сохраняет остатки

имевшейся ранее мышечной ткани. Электроды считывают электрический ток, вырабатываемый мышцами культи в момент их сокращения, и эта информация передается на микропроцессор. Для электронной системы хватит даже незначительного сокращения мышечной ткани, чтобы привести протез в действие. Но с 1960 года эта технология никак не изменилась, для усовершенствования ее нужно работать напрямую с импульсами мозга, чем сейчас занимается Neuralink – компания, основанная Илоном Маском.

Технология впервые представлена в Советском журнале “Радио” в 1956 году, ниже представлены 2 скриншота этой статьи из архива:

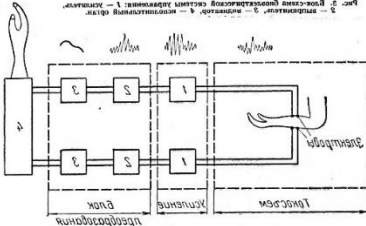


Рис. 3. Принципиальная схема электронного узла управления. 1 — двигатель; 2 — реле; 3 — выключатель; 4 — источник питания.

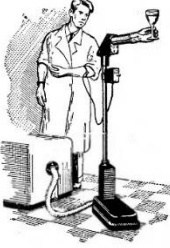


Рис. 4. Протез предплечья с биоэлектрическим управлением.

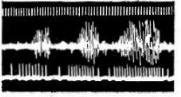


Рис. 5. Электронный блок с источниками питания; 3 — исполнительный орган.

Рис. 6. Принципиальная схема электронного узла управления. 1 — двигатель; 2 — реле; 3 — выключатель; 4 — источник питания.

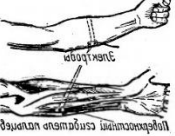


Рис. 7. Протез предплечья с биоэлектрическим управлением.

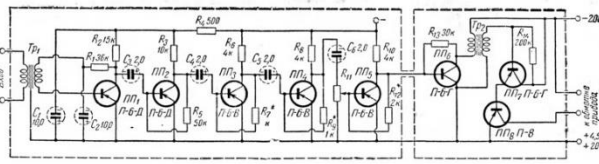


Рис. 6. Принципиальная схема электронного узла управления.

рически управление. При этом ставилась основная задача протезирования — восстановление функций, утраченных в результате ампутирования. Однако в отличие от существующих протезов предплечья теперь появилась возможность использовать для привода внешние источники мощности, а не мускульную силу, и управление протезом осуществлять биоэлектрическими сигналами, которые возникают в усеченных мышцах предплечья. Совершенно очевидно, что при разработке протеза учитывались те общие требования, которые выдвигаются при создании любых переносных устройств — легкость, малые габариты, надежность и хороший внешний вид.

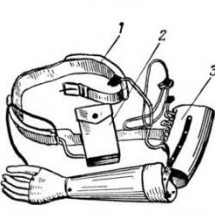


Рис. 7. Протез предплечья с биоэлектрическим управлением. 1 — двигатель; 2 — электронный блок с источниками питания; 3 — исполнительный орган.

внем» другой для управления «раскрытием». Привод осуществляется реверсивным электродвигателем с помощью специального передаточного механизма.

В качестве источников сигналов были выбраны те группы мышц кисти протезируемого, которые у здорового человека осуществляют функции сгибания и разгибания кисти и пальцев. Благодаря этому для управления используются координационные навыки, имеющие место до ампутирования.

На рис. 7 приведены фотографии первого протеза предплечья с биоэлектрическим управлением и его электронный узел.

В первых моделях обратная связь осуществлялась визуально. При этом оператор, управляющий работой макета, непосредственно следил за положением искусственной кисти руки и в соответствии с наблюдениями и собственными намерениями нажал на ту или иную мышцу.

В дальнейшем были предложены технические способы «ощущения», в частности, применение вибратора (выполненного по типу костного телефона слуховых аппаратов), на который из электрической цепи двигателя поступают сигналы, пропорциональные силе сжатия кисти руки.

Однако первые опыты показали, что протез, даже не оснащенный специальными устройствами, оказался в известной мере «ощущаемым», так как источником сигналов обратной связи являются слабые шум и вибрация, сопровождающие работу двигателя. Они то и создают ощущение режима работы системы и, в частности, силы, с которой искусственная кисть сжимает схватываемый предмет.

Первые опыты показали, что использование биоэлектрических систем вносит новые возможности в протезирование. Биоэлектрический протез предплечья не только не снижает движения протезируемой конечности. Управление протезом не требует значительных усилий и свободно осуществляется в любом положении руки.

Что касается динамических качеств протеза с биоэлектрическим управлением, то они могут судить по осциллограмме, представленной на рис. 8. Несомненно, что дальнейшее развитие работ в области применения биотоков мышц для целей управления является



Рис. 8. Запись цикла движения протеза: 1 — монотрамы мышц соответствующих сгибателей и разгибателей; 2 — запись движения кисти; 3 — запись усилий, развиваемых кистой руки.

важной задачей. В связи с этим наибольший интерес представляет вопрос: возможно ли дальнейшее сокращение цепи, передающей информацию от живого организма к внешнему техническому устройству? Например, можно ли сделать так, чтобы оператор использовал для управления уже не биотоны мышц, а непосредственно биотоны центральной нервной системы, биотоны мозга?

Большая отрасль биофизики — электроэнцефалография занимается изучением биоэлектрических процессов, протекающих в мозгу человека. Этими процессами в последние годы успешно занимаются физики и математики. Непрерывно совершенствуются технические средства отведения и обработки биоэлектрических сигналов. Поэтому не удивительно, если в недалеком будущем удастся достигнуть такого уровня технических средств, которые позволят решить наряду с другими проблемами и задачи непосредственного использования биотоков мозга для управления техническими устройствами.

## Практическая часть

### Комплекующие детали

Для создания устройства были отобраны и приобретены компоненты, представленные в Таблице 1.

Компонент	Цена (руб.)
Аналог платы Arduino UNO	300
ЖК дисплей с адаптером	200
Комплект ЭМГ электродов с платой	1000
Комплект проводов	50
Тактовые кнопки 2 шт.	4,5
Потенциометр	50
Сервопривод на 40 кг	800
<b>Итого: 2404,5 руб.</b>	

### Схема подключения

На схеме показано соединение сервомотора, электромиографических датчиков, потенциометра, кнопок, дисплея с микроконтроллером Arduino (Рис.1.).

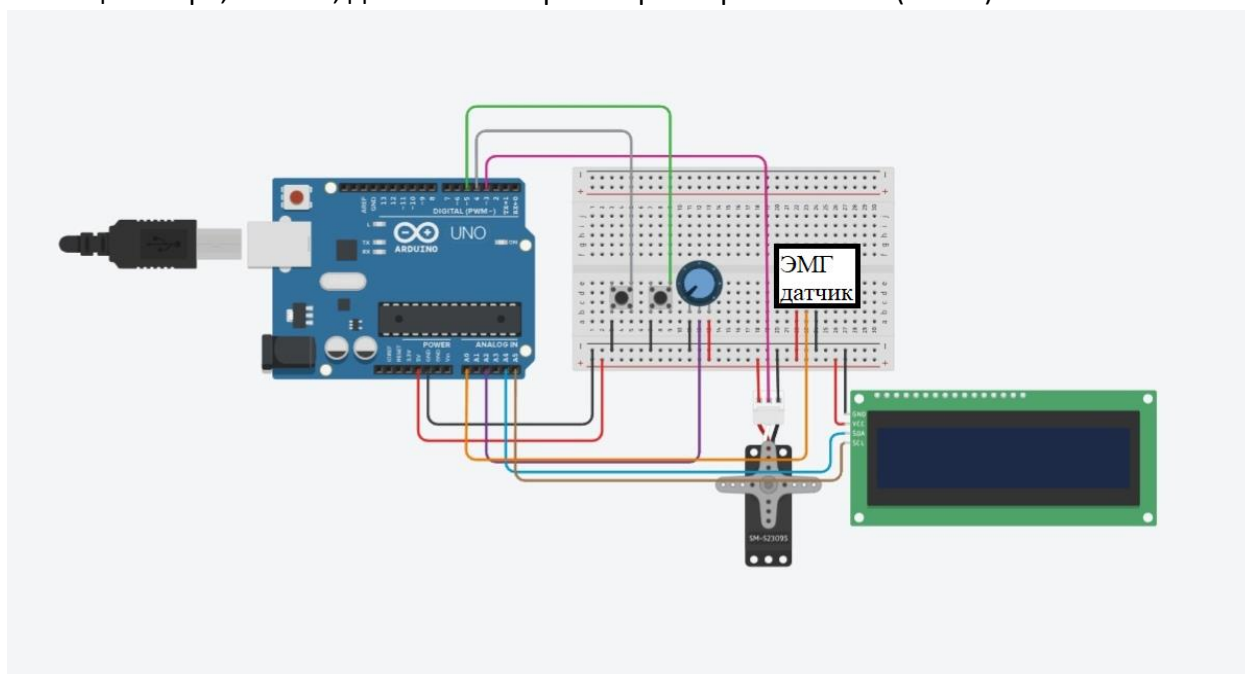


Рис. 1. Схема подключения

### Код проекта и режимы работы

На данный момент реализовано 4 режима работы. У протеза двигаются 4 пальца: указательный, средний, безымянный и мизинец, одновременно, не независимо друг от друга, как одна деталь (есть возможность установить больше ЭМГ датчиков и управлять каждым пальцем отдельно)

Режимы работы:

- 1) Кисть разомкнута. Является режимом по умолчанию, устанавливается при включении, перезагрузке устройства. Вручную устанавливается одиночным нажатием на кнопку №1. Выход из режима происходит при выборе другого режима.
- 2) Кисть сомкнута в кулак. Устанавливается двойным нажатием на кнопку №1. Используется для длительного захвата, удержания чего-либо, на пример стаканчика кофе. Выход из режима происходит при выборе другого режима.
- 3) Управление сжатием с помощью потенциометра. Можно полностью сжать или выпрямить кисть крутя потенциометр. Устанавливается тройным нажатием на кнопку №1. Нужен для захвата и работы с хрупкими предметами. Например: покраска пасхальных яиц, чтобы не раздавить яйцо нужно выбрать подходящую силу сжатия, чтобы взять новое непокрашенное яйцо, можно полностью разжать руку. Выход из режима происходит тройным нажатием на кнопку №2, отвечающую за выход из регулируемых режимов. После выхода сохраняются последнее выбранное положение.
- 4) Управление сжатием с помощью ЭМГ датчиков. Устанавливается четверным нажатием на кнопку №1. Удобен для перестановки, перемещения множества предметов. Усилие после которого производится сжатие или разжатие можно задать в программе, оно может быть различным, так же регулируется сила сжатия кисти. На пример: нужно переставить 10 чашек, если использовать первый и второй режим, то нужно будет много раз нажимать кнопку.

Для понимания зависимости значений ЭМГ датчика от напряжения или расслабления мышцы, в код программы добавлена возможность вывода на экран числового значения электрического импульса, считываемого с мышцы. Используя второй режим нужно будет часто крутить рычаг потенциометра, а управлять мышцами быстрее, удобнее и полезнее: при потере кисти мышечная масса плеча и предплечья деградирует, т.к. руке не дают нагрузки.

Выход из режима происходит четверным нажатием на кнопку №2. После выхода сохраняются последнее выбранное положение. Код проекта представлен ниже (Рис. 2 и рис. 3).

```

1 #include "CyberButton.h" // Библиотека Гайвера для работы с кнопками(нам нужна чтобы считать кол-во нажатий)
2 #include <Servo.h> // Библиотека для управления сервоприводом через ШДМ
3 CButton buttReg(4); // Порт кнопки выбора режимов
4 CButton buttBreakPot(5); // Порт кнопки выхода из режима (ов)
5 CButton buttBreakPot2(6);
6 Servo servo; // Объявил переменную типа серво
7 #include <Wire.h>
8 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
9 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // Устанавливаем дисплей
10 const int pot=2; // Порт + переменная потенциометра
11 int znachpot = 0; // Переменная, крайняя значение потенциометра
12 int angleServo = 0; // Переменная, крайняя угол поворота сервы
13 unsigned long timerservo = 0;
14 unsigned long timerEMG = 0;
15 boolean servoFlag = 0; // флажок сервы
16 int val = 0; // переменная для хранения оцифрованного значения сигнала
17 void setup(){ // Тут задаем всякое
18 Serial.begin(9600); // Скорость передачи данных (бит/с)
19 servo.attach(3); // Порт сервопривода
20 servo.write(90); // Начальное положение сервы при включении//перезагрузке
21 lcd.init();
22 lcd.backlight(); // Включаем подсветку дисплея //
23 lcd.print("UWU COMPANY");
24 }
25 }
26
27 void loop(){ //Бесконечный крутящийся цикл
28 znachpot=analogRead(pot); //Откуда читается значение потенциометра
29 angleServo = map(znachpot,0,1023,0,180); //Угол сервы равен мапнутому значению потенциометра
30 buttReg.tick(); // (!!) Эта и 2 следующих строки /n
31 if(buttReg.hasClicks()){ // (!!) n/ считает сколько раз нажали на кнопку1(серая,4)
32 int clicks= buttReg.getClicks(); // (!!)
33 Serial.println(clicks); // Выводит в порт кол-во нажатий
34
35 switch(clicks){ //Режим работы(1,2...n)=кол-ву нажатий
36 case 1: //Первый режим
37 servo.write(180); //Серва 180
38
39
40 lcd.clear();
41 lcd.print("1 mode");
42 break;
43
44 case 2: //Второй режим
45 servo.write(0); //Серва 0
46 lcd.clear();
47 lcd.print("2 mode");
48 break;

```

Рис. 2 Код проекта

```

51 case 3: //Третий режим
52 lcd.clear();
53 lcd.print("3 mode");
54 while(clicks==3){ //звожу в бесконечный цикл
55 if(millis()-timerservo > 45){
56 timerservo=millis();
57 znachpot=analogRead(pot); // (**) Эта и две дледующих передают серве значение потенциометра
58 angleServo = map(znachpot,0,1023,0,180); // (**)
59 servo.write(angleServo); // (**)
60
61 buttBreakPot.tick(); // (!!) Эта и еще 3 строки -это условие выхода из режима потенциометра,
62 if(buttBreakPot.hasClicks()){ // (!!) выход произойдет после тройного нажатия на кнопку2(синяя,5)
63 int clicksBreakPot= buttBreakPot.getClicks(); // (!!)
64 if(clicksBreakPot==3){break;}} // (!!)
65 }
66 break; //тут будет четвертый кейс со значениями от датчиков
67 case 4:
68 lcd.clear();
69 lcd.print("4 mode");
70 while(clicks==4){
71 //val=map(p,0,1024,0,180);
72 int p = analogRead(A0);
73 Serial.println(p);
74 Serial.println(servo.read());
75 if(p>90 && servoFlag==0 && millis()-timerEMG>1000){
76 timerEMG=millis();
77 servo.write(0);
78 servoFlag=1;
79
80 }
81
82 p = analogRead(A0);
83 if(p>90 && servoFlag==1 && millis()-timerEMG>1000){
84 timerEMG=millis();
85 servo.write(180);
86 servoFlag=0;
87
88 }
89 }
90 buttBreakPot2.tick();
91 if(buttBreakPot2.hasClicks()){ // (!!) выход произойдет после четверного нажатия на кнопку2(синяя,5)
92 int clicksBreakPot2= buttBreakPot2.getClicks(); // (!!)
93 if(clicksBreakPot2==4){break;}}
94 }
95 }
96 }
97 }
98 }
99 }

```

Рис. 3 Код проекта

Все элементы и материалы проекта покупались за свой счет, либо были предоставлены технопарком “Кванториум Сампо”

## **Испытания**

Испытания выявили, что ЭМГ плата ловит помехи от импульсных блоков питания. Одноразовые электроды недостаточно плотно прилегают к телу, требуется дополнительная фиксация. Формат одноразовых электродов не подходит для повседневного условия. При длительном ношении, на коже появляются ссадины. Твердый и тонкий верхний слой датчиков работает как лезвие и соскабливает кожу (Рис.4).



Рис. 4. Ссадина

## **Заключение**

В ходе работы над проектом была изучена литература по биомеханике, анатомии, миологии, проанализированы имеющиеся на рынке аналогичные устройства, спроектирован, собран и запрограммирован прототип кибернетического импланта кисти. Испытания показали работоспособность и функциональность изготовленного устройства. Цель работы достигнута.

## **Направления дальнейшей деятельности**

Планируется модернизация изготовленного устройства для улучшения его эксплуатационных характеристик.



Я бы хотел купить или изготовить (мною уже найдены несколько видов схем) и установить в систему профессиональный, многоразовый ЭМГ датчик. В таком случае будет решено сразу несколько проблем: не будет травмироваться кожа пользователя, датчик будет плотнее прилегать к коже, так как будет не клеиться, а прижиматься к телу, не нужно будет экранировать плату от помех.

Проект находится на стадии прототипа, а прототип – это быстрая «черновая» реализация базовой функциональности будущего продукта. Поэтому, когда все программные функции работают, ведется работа по созданию корпуса (Рис. 5).

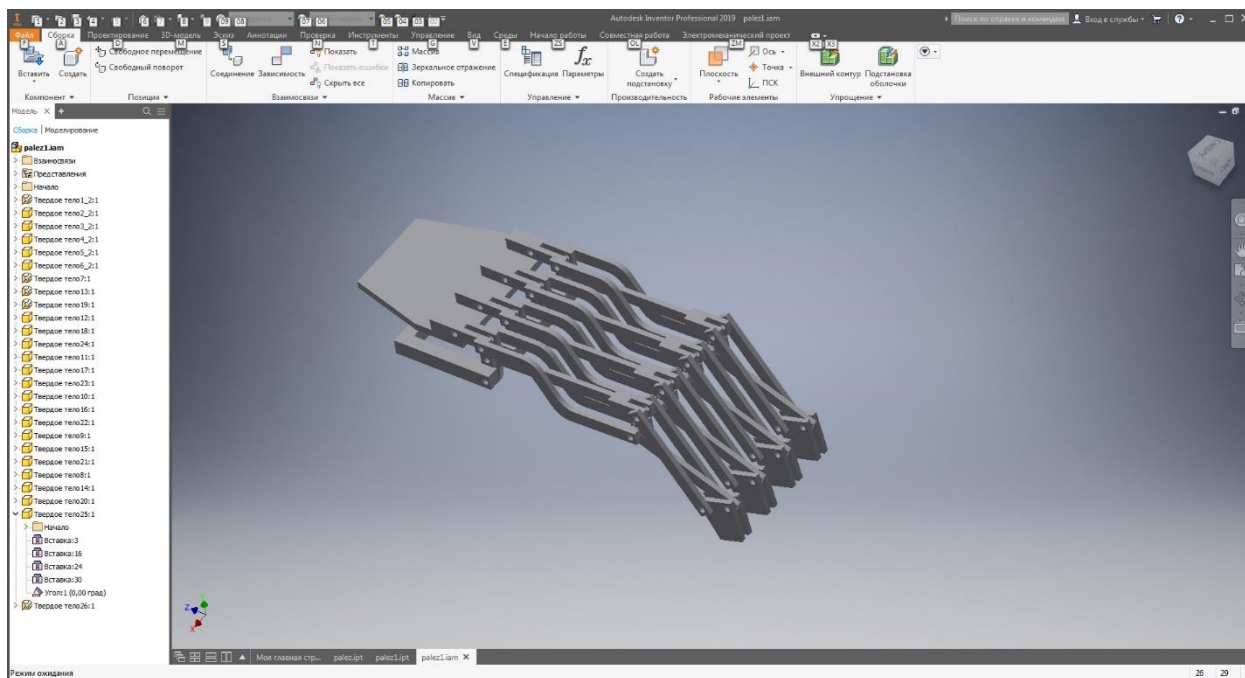


Рис. 5. 3D модель корпуса

Для обеспечения автономной работы будет рассчитан необходимый объём электроэнергии, подобран аккумулятор под полученные характеристики.

### **Команда :**

Весь теоретический материал был найден и изучен лично мной.

Во время написания кода для микроконтроллера Arduino, было обнаружено 2 бага, понять их природу помог мой научный руководитель – Валах Денис Васильевич.

Таким образом актуальный состав разработчиков проекта:

Самбук Владислав Олегович (я)

Научный руководитель:

Валах Денис Васильевич

### **Доказательство, выполнения проекта:**

Ниже представлена ссылка на папку в облаке, которая содержит 2 видео и фотографии с доказательством работоспособности устройства

<https://drive.google.com/drive/folders/1LHSYvNd7Lh7ZplzySPmVI6zIFib3s5Pc?usp=sharing>

## Список литературы:

Журнал Радио URL: <http://archive.radio.ru/web/1960/>

Майерс Т. Анатомические поезда

Джерими Б. Arduino: инструменты и методы технического волшебства. - 2

О работе ЭКГ/ЭМГ датчиков // Youtube URL:

[https://www.youtube.com/watch?v=6pYYnn4uq6s&list=PLyPJyil0ulgrED-v-khmvxQd\\_SV7nnRD2&index=3&t=157s](https://www.youtube.com/watch?v=6pYYnn4uq6s&list=PLyPJyil0ulgrED-v-khmvxQd_SV7nnRD2&index=3&t=157s)

Мышечное сокращение // Youtube URL:

[https://www.youtube.com/watch?v=jCIBcHGg4k0&list=PLyPJyil0ulgrED-v-khmvxQd\\_SV7nnRD2&index=5&t=241s](https://www.youtube.com/watch?v=jCIBcHGg4k0&list=PLyPJyil0ulgrED-v-khmvxQd_SV7nnRD2&index=5&t=241s)

Был безрукий инвалид, а стал киборгом: #монолог человека с киберпротезом // Youtube

URL: [https://www.youtube.com/watch?v=bXNoQPQscok&list=PLyPJyil0ulgrED-v-khmvxQd\\_SV7nnRD2&index=11](https://www.youtube.com/watch?v=bXNoQPQscok&list=PLyPJyil0ulgrED-v-khmvxQd_SV7nnRD2&index=11)

Как работает MANIFESTO | Бионический протез-многохват // Youtube URL:

[https://www.youtube.com/watch?v=uplGuDr9lwQ&list=PLyPJyil0ulgrED-v-khmvxQd\\_SV7nnRD2&index=15&t=31s](https://www.youtube.com/watch?v=uplGuDr9lwQ&list=PLyPJyil0ulgrED-v-khmvxQd_SV7nnRD2&index=15&t=31s)

Жизнь без рук и современные бионические протезы. Каково это - быть киборгом в РФ? //

Youtube URL: [https://www.youtube.com/watch?v=ZilA4qLID\\_8&list=PLyPJyil0ulgrED-v-khmvxQd\\_SV7nnRD2&index=16&t=663s](https://www.youtube.com/watch?v=ZilA4qLID_8&list=PLyPJyil0ulgrED-v-khmvxQd_SV7nnRD2&index=16&t=663s)