

**Implementation of mass measurement in robotic systems.**  
**Nazluyan D.**  
**Реализация измерения массы в роботизированных системах.**  
**Назлуян Д. С.**

*Назлуян Давид Санасарович / Nazluyan David – бакалавр техники и технологии,  
кафедра вычислительной техники, факультет микроприборов и технической кибернетики,  
Национальный исследовательский университет  
Московский институт электронной техники, г. Москва*

**Аннотация:** в статье рассматривается метод распознавания массы в статическом режиме роботизированной системой, используя сервоприводы со специальными датчиками нагрузки. Все исследования проводились с использованием роботизированной системы Robotis Bioloid.

**Abstract:** the article deals with the method in the static mode, the robotic system, the mass detection using actuators with special load cells. All studies were performed using the robotic system c Robotis Bioloid.

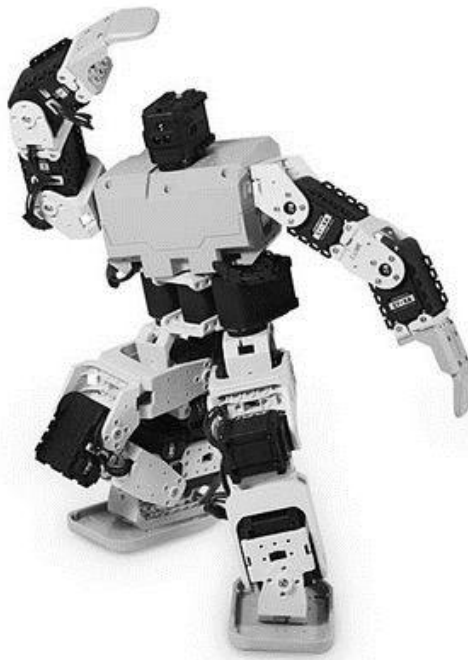
**Ключевые слова:** измерение массы, Bioloid, роботизированные системы, статический метод измерения массы, Dynamixel AX-12, сервопривод, мотор.

**Keywords:** mass measurement, Bioloid, robotic systems, the static method of measuring the mass, Dynamixel AX-12, actuator, motor.

Человечество с давних пор думает над тем, как упростить не только рутинные вещи, но и достаточно сложные операции, придумывая различные приспособления и механизмы. Позже был придуман компьютер, который смог упростить массу сложных математических вычислений. Но на этом люди не остановились – было ясно, что применение компьютеров может быть куда более широким, если научить его не только вычислять, но и управлять механизмами. Так появилась робототехника.

Одной из интересных задач для роботизированной системы является определение массы объекта. Интересная она как для развития взаимодействия роботов и людей, так и в образовательных целях – разработка лабораторных работ для студентов высших технических образовательных учреждений.

В качестве тестовой роботизированной системы, подходящей под выполнение поставленной задачи, был выбрана роботизированная система Robotis Bioloid Premium Kit.



*Рис. 1. Robotis Bioloid Premium Kit Humanoid в сборе*

Отдельного внимания стоит сервопривод Dynamixel AX-12, из которых почти полностью и состоит робот.



Рис. 2. Dynamixel AX-12

Сервопривод Dynamixel – это достаточно сложное и умное устройство, которое включает в себя прецизионный мотор постоянного тока, который умеет работать в группе с другими AX-12. Несмотря на малые размеры, привод способен показать высокий крутящий момент. AX-12 снабжён системой контроля внутренних состояний, таких как изменение температуры и напряжения питания. Учитывая вышенаписанное, у этого привода много преимуществ в сравнении с аналогами. Данный привод имеет систему контроля позиции привода и скорости его вращения с помощью 1024 дискретов каждой из величин. Он обеспечен системой контроля от неблагоприятных воздействий, которая с помощью встроенного светодиода предупредит о перегрузках. Все параметры могут быть заданы с помощью одного пакета данных, поэтому с помощью одного СМ-5 можно объединить до 19 таких приводов.



Рис. 3. Пакеты данных AX-12

В оперативной памяти привода хранится информация, необходимая для определения нагрузки на сервопривод. Ниже представлена таблица, отражающая адресное пространство ОЗУ Dynamixel AX-12 и назначение переменных, которые хранятся в ней [1].

Таблица 1. Адресная таблица ОЗУ AX-12

ОЗУ (RAM)	Адрес	Параметр	Доступ	Исходное значение
	24(0X18)	Вкл. Круг. Момент	RD, WR	0(0x00)
	25(0X19)	Светодиод	RD, WR	0(0x00)
	26(0X1A)	Диапазон свободного хода	RD, WR	0(0x00)
	27(0X1B)		RD, WR	0(0x00)
	28(0X1C)		RD, WR	32(0x20)
	29(0X1D)		RD, WR	32(0x20)
	30(0X1E)	Позиция	RD, WR	[Addr36]value
	31(0X1F)		RD, WR	[Addr37]value

32(0X 20)	Скорость	RD, WR	0	
33(0X 21)		RD, WR	0	
34(0X 22)	Ограничение Момента.	крут. WR	RD, WR	[Addr14] value
35(0X 23)			RD, WR	[Addr15] value
36(0X 24)	Текущая позиция	RD	?	
37(0X 25)		RD	?	
38(0X 26)	Текущая скорость	RD	?	
39(0X 27)		RD	?	
40(0X 28)	Текущая нагрузка	RD	?	
41(0X 29)		RD	?	
42(0X 2A)	Текущее напряжение	RD	?	
43(0X 2B)	Текущая температура	RD	?	
44(0X 2C)	Инструкция зарегистрирована	RD, WR	0(0x00)	
45(0X 2D)	(Зарезервированный)	-	0(0x00)	
46[0x2 E)	Двигается	RD	0(0x00)	
47[0x2 F)	Заблокирован	RD, WR	0(0x00)	
48[0x3 0)	Ток работы мотора	RD, WR	32(0x20)	
49[0x3 1)		RD, WR	0(0x00)	

Но чтобы не вникать в процесс обращения к конкретным адресам памяти Robotis, предусмотрели программу Behavior Control Programmer, которая позволяет программировать робот и/или отдельные его части.

Используя статический режим работы сервопривода, т.е. в котором он не меняет угол поворота, были сняты показания датчика нагрузки для плеча в 16 см.

### Зависимость нагрузки от массы для АХ-12

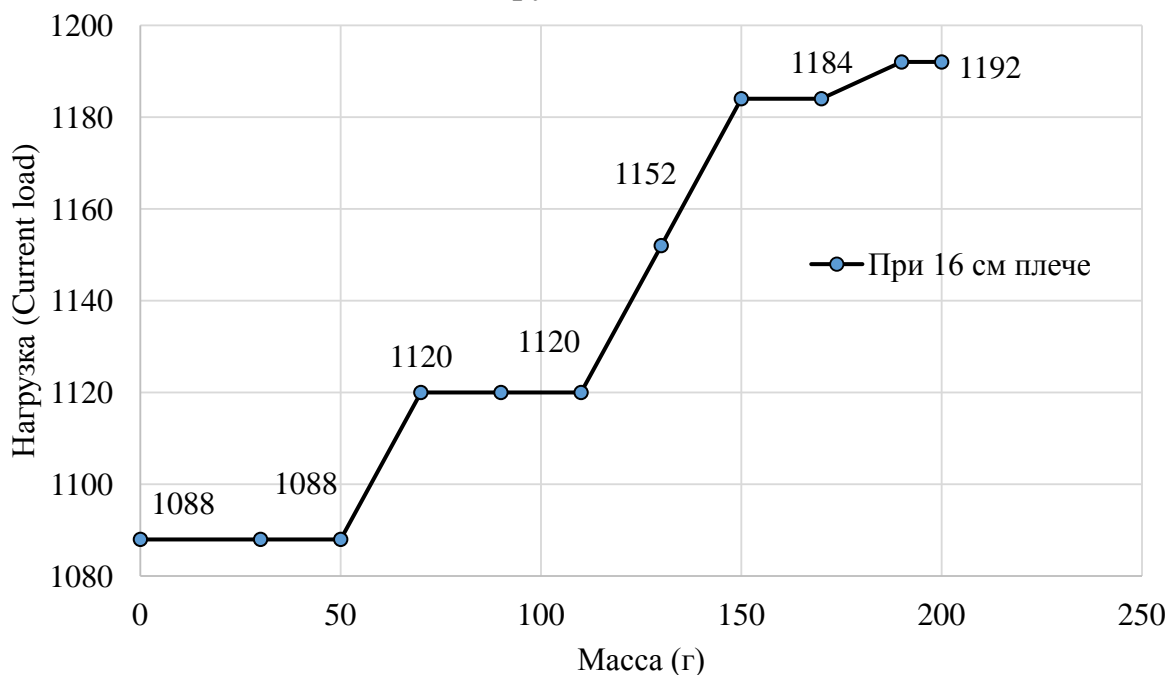


Рис. 4. График показаний датчика нагрузки при плече в 16 см

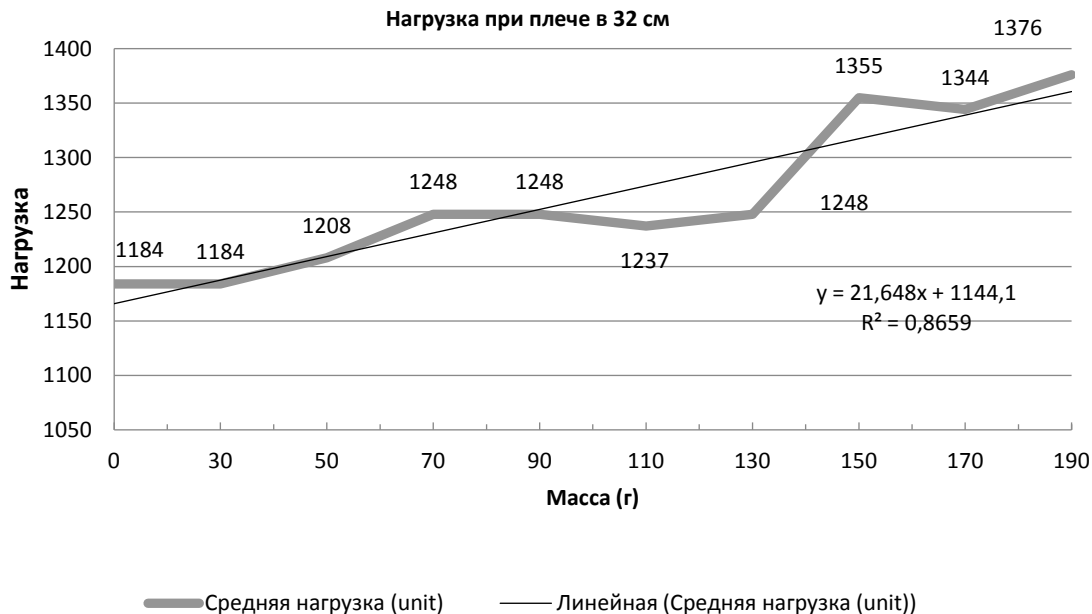
Из графика на рисунке 5 видно, что датчик не очень чувствителен к нагрузкам – показания датчика на определенных промежутках изменения массы остаются неизменными. Поэтому эксперимент был повторён с увеличением плеча нагружаемого сервопривода в 2 раза. Как следует из формулы момента силы (1), нагрузка также возрастает в 2 раза.

$$M = F * l = m * g * l \quad (1)$$

Чтобы получить наиболее точные результаты, измерения проводились 3 раза и была произведена аппроксимация среднего результата средствами MS Office Excel 2016. Ниже представлены результаты измерений для длины плеча в 32 см.

Таблица 2. Результаты измерений для длины плеча в 32 см

Масса (г)	Нагрузка (unit)	Нагрузка (unit) - 2 измерение	Нагрузка (unit) 3 измерение	Средняя нагрузка (unit)
0	1152	1184	1152	1163
30	1184	1184	1184	1184
50	1184	1184	1184	1184
70	1216	1192	1216	1208
90	1248	1248	1248	1248
110	1248	1248	1248	1248
130	1248	1216	1248	1237
150	1280	1216	1248	1248
170	1344	1376	1344	1355
190	1376	1312	1344	1344
200	1376	1376	1376	1376



*Рис. 5. График результатов измерений для длины плеча в 32 см*

По результатам экспериментов можно сказать, что точных измерений в статическом режиме нельзя получить, но полученные данные всё же можно использовать для внедрения в алгоритмы работы робота, особенно полезные для демонстрации. На тестовой роботизированной системе были реализованы обратные реакции в зависимости от показаний датчика нагрузки:

- 1152-1200 (0-50г): Поднять левую руку.
- 1200-1300 (50-150г): Горизонтально вытянуть левую руку.
- 1300: (150-200г): Опустить левую руку.

#### *Литература*

1. Robotis Inc. e-Manual v1.25.00. [Электронный ресурс]: AX-12/ AX-12+/ AX-12A. URL: [http://support.robotis.com/en/product/dynamixel/ax\\_series/dxl\\_ax\\_actuator.htm](http://support.robotis.com/en/product/dynamixel/ax_series/dxl_ax_actuator.htm) (дата обращения 30.06.2016).