

Региональная конференция
по научно-техническому творчеству школьников «Лабиринты науки»

«Физика и компьютерные технологии»

Пневматическая пушка (Экспериментальная работа)

Выполнил ученик 8н класса
ГООУ ЯО Лицея №86
Безродный Артём Алексеевич
Научный Руководитель:
Бойденко Мария Владимировна

2024

Оглавление

Введение.....	3
1. Принцип действия пневматической пушки.....	4
2. Принцип работы хронографа.....	4
3. Сборка пушки.	6
4. Опыты по изучению зависимости скорости пули от характеристик пневматической пушки.....	7
4.1. Гипотеза: при увеличении давления в бутылке скорость пули увеличивается.	7
4.2. Гипотеза: скорость пули из длинного дула выше, чем скорость пули из короткого дула при одном давлении.....	7
4.3. Гипотеза: скорость различных пуль зависит от плотности прилегания пули к внутренним стенкам дула.....	8
4.4. Гипотеза: скорость пули с применением бутылки большего объёма больше, чем с бутылкой меньшего объёма при одном давлении.	9
5. Заключение:	10
6. Список литературы:	11
7. Приложение:	12
Приложение 1.1 «Библиотека дисплея хронографа»	12
Приложение 1.2 «Схема хронографа»	13
Приложение 2.1 «Эксперименты».....	13
Приложение 3.1 «Погрешность хронографа»	21
Приложение 3.2 «Чертежи»	22

Введение

Пневматика - раздел физики, посвящённый механизмам и устройствам, использующим разность давления газа для своей работы. Сжатый воздух работает повсюду - на транспорте в тормозах, в отбойных молотках и пневматическом оружии. Пневматическое оружие похоже по форме и особенностям работы на боевое, но здесь в качестве энергии выстрела применяется не порох, а движущийся воздух.

После того, как была сконструирована пневматическая пушка и опробована стрельба из неё, возникла идея провести некоторые исследования. Для этого пришлось усовершенствовать созданную пушку, дополнив её хронографом.

Цель работы: выяснить, как зависит скорость пули от характеристик пушки.

В ходе выполнения проекта решались следующие задачи:

1. Разработать схему пневматической пушки с хронографом.
2. Собрать пневматическую пушку.
3. Подготовить программное обеспечение для работы хронографа.
4. Провести опыты по стрельбе из пневматической пушки.

1. Принцип действия пневматической пушки.

В пневматической пушке подача воздуха в рабочую камеру происходит отдельными порциями. Самый простой заключается в открытии клапана при ударе курка. В системах предварительной накачки схема подачи включает редуктор. Из-за высокого давления запаса воздуха в баллоне в рабочую камеру может поступать разное его количество при выстрелах. Редуктор стабилизирует подачу. Это делается обеспечением стабильного давления в выходном тракте.

В моей пушке при накачивании через ниппель создаётся избыточное давление в пластиковой бутылке, и при открывании электро-магнитного клапана сжатый воздух придаёт пуле большую скорость. Для определения скорости пули использую хронограф.

2. Принцип работы хронографа.

Хронограф – это прибор для точных измерений небольших отрезков времени. Современные хронографические механизмы способны предоставлять пользователю разноплановую полезную информацию.

Для его создания я использовал:

1. Полипропиленовая труба внешним диаметром 25мм
2. Переход с $\frac{3}{4}$ на $\frac{3}{4}$ дюйма
3. 2 фототранзистора
4. 2 светодиода
5. 2 построечных резистора до 100 кОм
6. Резистор на 10 кОм
7. 2 резистора на 220 Ом
8. Кнопка – переключатель
9. 9V батарейка
10. Однострочный дисплей
11. Плата «Arduino nano»

В направляющей трубке хронографа напротив светодиодов располагаются фототранзисторы, считывающие сигналы со светодиодов. Во время движения пули между 1-м светодиодом и 1-м фототранзистором сигнал между ними прерывается и начинается отсчёт времени. Заканчивается же отсчёт времени во время движения пули между 2-м светодиодом и 2-м фототранзистором. В результате фиксируется время – t .

В программном обеспечении платы «Arduino nano» загружено расстояние между светодиодами – S и формула для расчета скорости пули $V=S/t$.

В результате вычислений данные о скорости выводятся на однострочный дисплей хронографа.

Плата хронографа также запрограммирована измерение скорострельности, расчет количества выстрелов и на вычисление дульной энергии по формуле $mV^2/2$, где m - масса пули.

Хронограф спаял и закрепил на конструкции, состоящей из трубы внешний диаметр которой составляет 25мм на её входном конце установлен переход с $\frac{3}{4}$ на $\frac{1}{2}$ для возможности крепления к дулу по схеме, представленной в Приложении 1.2 «Схема хронографа».

Плата программировалась в программе Arduino.

Погрешность хронографа:

Результаты выстрелов представлены в таблице 5.

Для расчёта погрешности хронографа я использовал коэффициент Стьюдента = 2,2 (при доверительной вероятности – $\alpha = 0,95$ и числа измерений – $n = 12$), провёл 12 экспериментов, при которых использовал бутылку объёмом 2л, сжатый воздух с давлением равным 2bar, длинное дуло и берушу.

α — это заданное значение доверительной вероятности. Оно говорит о том, насколько экстремальными должны быть наблюдаемые результаты, чтобы отклонить нулевую гипотезу теста значимости.

Абсолютная погрешность = 0,4.

Относительная погрешность = 0,5%. Допустимой для электронных приборов является относительная погрешность <10%, то есть относительная погрешность хронографа является допустимой.

3. Сборка пушки.

Для начала я взял полипропиленовую трубу внешним диаметром 20мм, которую разрезал на 3 основные части. Я припаял муфту с внутренней $\frac{1}{2}$ резьбой, в которую был установлен электромагнитный клапан к тройнику с одной основной частью, на конце которой была припаяна заглушка. В тройник был впаян шаровой кран, имеющий роль предохранителя. К шаровому крану я припаял тройник с муфтой со внутренней резьбой $\frac{1}{2}$ дюйма для установки манометра, позже его задней части закрепили блок питания с батарейками. Затем к данной конструкции был припаян еще один тройник с ручкой, в которую я установил кнопку и муфта с внутренней резьбой $\frac{1}{2}$ для крепления резервуара (пластиковая бутылка) через металлический переходник. На дно пластиковой бутылки я установил автомобильный ниппель для создания избыточного давления. К части трубы внешним диаметром 20мм припаяли муфту с внутренней резьбой $\frac{1}{2}$ дюйма для подсоединения к электромагнитному клапану. Для укладки пули в дуло было вырезано отверстие прямоугольной формы в начале дула. Снаружи трубы была одета конструкция, состоящая из трубы внешним диаметром 32мм, на её концах были установлены переходы с 1 на $\frac{1}{2}$ дюйма.

Блок питания с четырьмя полтора вольтными батарейками типа АА соединили через кнопку-пускатель с электромагнитным клапаном при помощи проводов.

4. Опыты по изучению зависимости скорости пули от характеристик пневматической пушки.

Энергия пули зависит от силы давления в дуле на дно пули и от времени этого давления. Уменьшая энергию пули, действует сила трения в дуле. Сила трения зависит от формы пули, материала, как пули, так и дула.

Сила трения пули в дуле постоянна. И по мере движения пули внутри канала, она плавно снижает кинетическую энергию пули. Однако давление газов на заднюю часть пули быстро снижается, вплоть до определенного момента, когда замедление по причине трения равняется силе, разгоняющей пулю давлением газов. Именно в этой точке достигается максимальная скорость. После этой точки сила трения становится доминирующей, и пуля начинает замедляться.

4.1. Гипотеза: при увеличении давления в бутылке скорость пули увеличивается.

Результат представлен в Приложении 2.1 «Эксперименты», таблица 1.

Зависимость скорости пули от давления сжатого воздуха представлена в Приложении 2.1 «Эксперименты», график 1.

Вывод: при увеличении давления в бутылке скорость пули увеличивается (гипотеза подтвердилась). Увеличение скорости в зависимости от давления происходит не прямолинейно. С равномерным увеличением давления прирост скорости каждый раз снижается. Возможно, это связано с тем, что длина дула не позволяет сильнее разогнать пулю.

4.2. Гипотеза: скорость пули из длинного дула выше, чем скорость пули из короткого дула при одном давлении.

Результат представлен в Приложении 2.1 «Эксперименты», таблицы 1,2.

Зависимость скорости полета пули от давления сжатого воздуха для короткого и длинного дул представлена в Приложении 2.1 «Эксперименты», график 2.

Вывод: скорость пули из длинного дула выше, чем скорость пули из короткого дула (гипотеза подтвердилась). Это связано с тем, что сила (давление сжатого воздуха), действующая на пулю в длинном дуле, действует большее время, чем в коротком дуле. Пуля движется с ускорением всё время нахождения в дуле, поэтому чем длиннее дуло, тем дольше пуля летит с ускорением. Разгон пули в дуле будет проходить до момента времени выравнивания сил - разгоняющих пулю и сил сопротивления (трения о дуло и сопротивления воздуха). В длинном дуле время движения пули с ускорением больше, чем в коротком дуле, следовательно скорость пули при вылете из длинного дула будет больше, чем из короткого дула. Оптимальная длина дула зависит от давления.

Оптимальные дула при давлениях:

1. 0,5bar – длинное дуло
2. 1bar – длинное дуло
3. 1,5bar – длинное дуло
4. 2bar – > длинного дула
5. 2,5bar – > длинного дула

4.3. Гипотеза: скорость различных пуль зависит от плотности прилегания пули к внутренним стенкам дула.
Результат представлен в Приложении 2.1 «Эксперименты», таблица 3.

Скорость полета различных пуль представлена в Приложении 2.1 «Эксперименты», график 3.

Вывод: скорость различных пуль зависит от плотности прилегания пули к внутренним стенкам дула (гипотеза подтвердилась). Беруша с диаметром 13мм плотно прилегает к внутренним стенкам дула диаметром 12,7мм, при выстреле утечки воздуха между берушей и внутренней стенкой дула незначительны. Длинный патрон с диаметром 12мм неплотно прилегает к

внутренним стенкам дула диаметром 12,7мм. Через зазор 0,7мм происходят утечки сжатого воздуха, в следствии этого сила, разгоняющая пулю, снижается. Между колпачком с диаметром 9мм и внутренними стенками дула имеется зазор 3,7мм, через который происходят значительные утечки сжатого воздуха, в следствии этого сила, разгоняющая пулю, сильно снижается.

4.4. Гипотеза: скорость пули с применением бутылки большего объёма больше, чем с бутылкой меньшего объёма при одном давлении.

Результат представлен в Приложении 2.1 «Эксперименты», таблица 4.

Зависимость скорости полета пули от объема бутылки представлена в Приложении 2.1 «Эксперименты», график 4.

Вывод: скорость пули с применением бутылки большего объёма больше, чем с бутылкой меньшего объёма (гипотеза подтвердилась).

Это связано с тем, что при выстреле давление передается из бутылки в дуло, сила, разгоняющая пулю и ускорение пулю к концу дула уменьшается.

Скорость пули с применением бутылок 1,5 и 2 л отличаются незначительно, так как из-за большого объёма сжатого воздуха падение давления в бутылках происходит медленнее и за это время сила, разгоняющая пулю и ускорение пули при движении по дулу снижается медленно.

При применении бутылки 0,5 л падение давления происходит быстрее, уже во время движения пули в дуле силы разгоняющая пулю и ускорение быстро снижается, в связи с этим скорость пули на выходе из дула ниже, чем при применении бутылок 1,5 и 2 л.

5. Заключение:

Пневматическая пушка с хронографом позволила выяснить, как зависит скорость пули от характеристик пушки. Анализ результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. При увеличении давления в бутылке скорость пули увеличивается.
2. Скорость пули из длинного дула выше, чем скорость пули из короткого дула.
3. Скорость различных пуль зависит от плотности прилегания пули к внутренним стенкам дула.
4. Скорость пули зависит от применения бутылки большего объёма больше, чем с бутылкой меньшего объёма.

В дальнейшем я планирую:

1. Усовершенствовать перезарядку.
2. Усовершенствовать создание давления в бутылке.

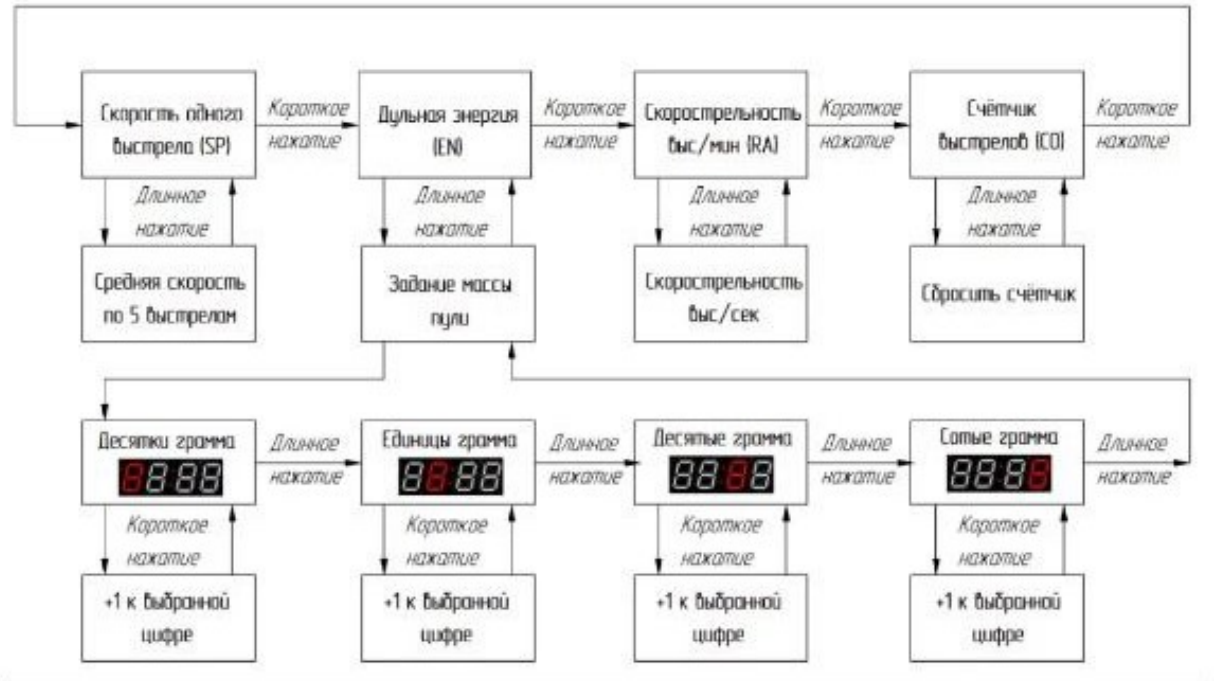
6. Список литературы:

1. Длина ствола и ее влияние на начальную скорость.
<https://www.pnevmodobro.ru/blogs/poleznaya-informatsiya/dlina-ctvola-i-ee-vliyanie-na-nachalnuyu-ckorost?ysclid=m28lhluo4y164588775>
2. <https://studfile.net/preview/2166028/>
3. https://alexgyver.ru/chron_2/ #Версия_с_дисплеем

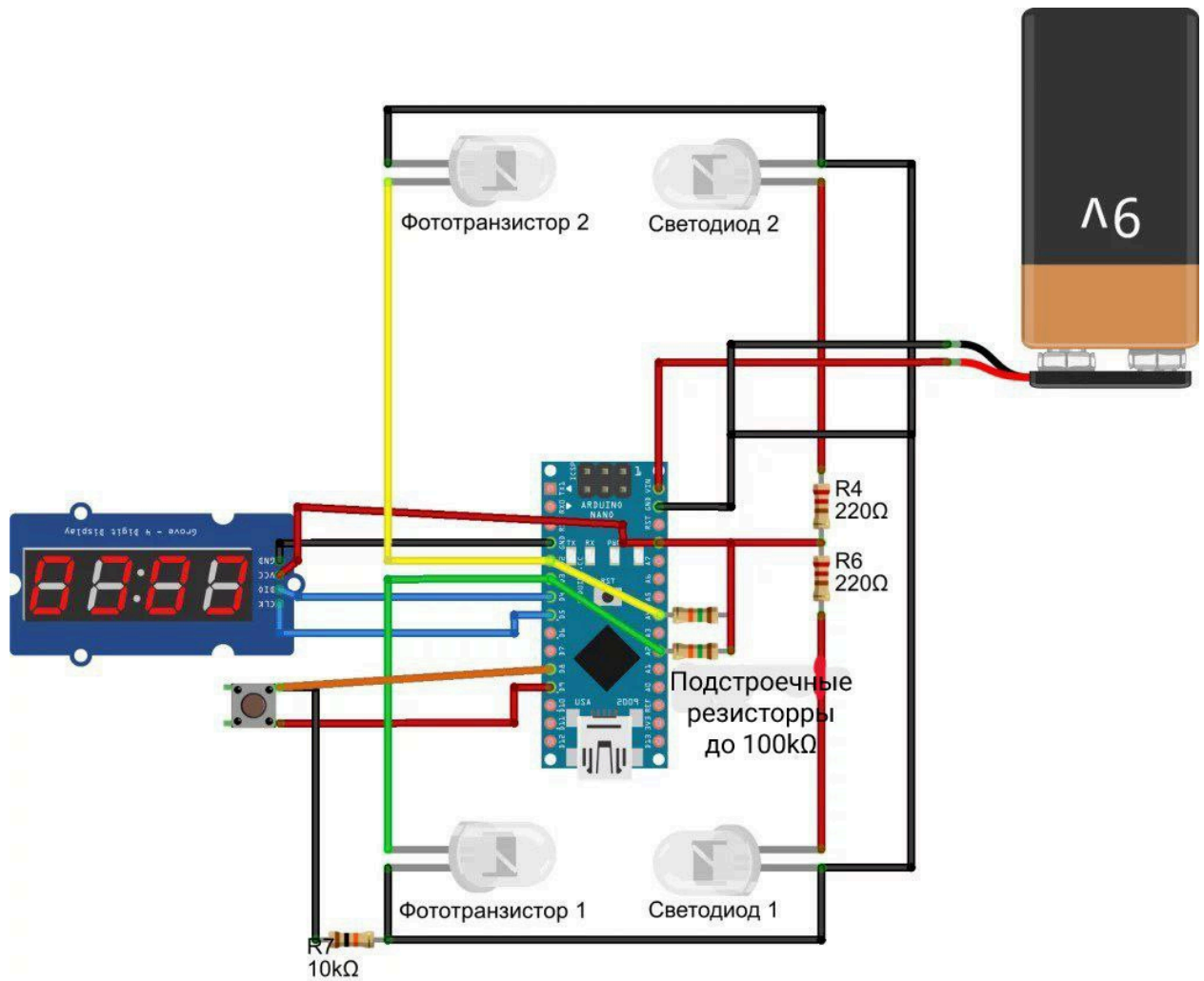
7. Приложение:

Приложение 1.1

«Библиотека дисплея хронографа»



Приложение 1.2 «Схема хронографа»



Приложение 2.1 «Эксперименты»

Таблица 1

N, выстрела	Тип патрона	Вид дула	Давление, bar	V, м/с	Среднее значение V, м/с
1	Беруша	Длинное	0,5	37,0	39,0
2				41,0	
3				39,0	

Продолжение таблицы 1

N, выстрела	Тип патрона	Вид дула	Давление, bar	V, м/с	Среднее значение V, м/с
1	Беруша	Длинное	1	66,0	67,0
2				64,0	
3				70,0	
1	Беруша	Длинное	1,5	82,0	82,0
2				82,0	
3				83,0	
1	Беруша	Длинное	2	87,0	87,0
2				87,0	
3				88,0	
1	Беруша	Длинное	2,5	94,0	94,0
2				93,0	
3				95,0	

График 1. Зависимость скорости пули от давления сжатого воздуха

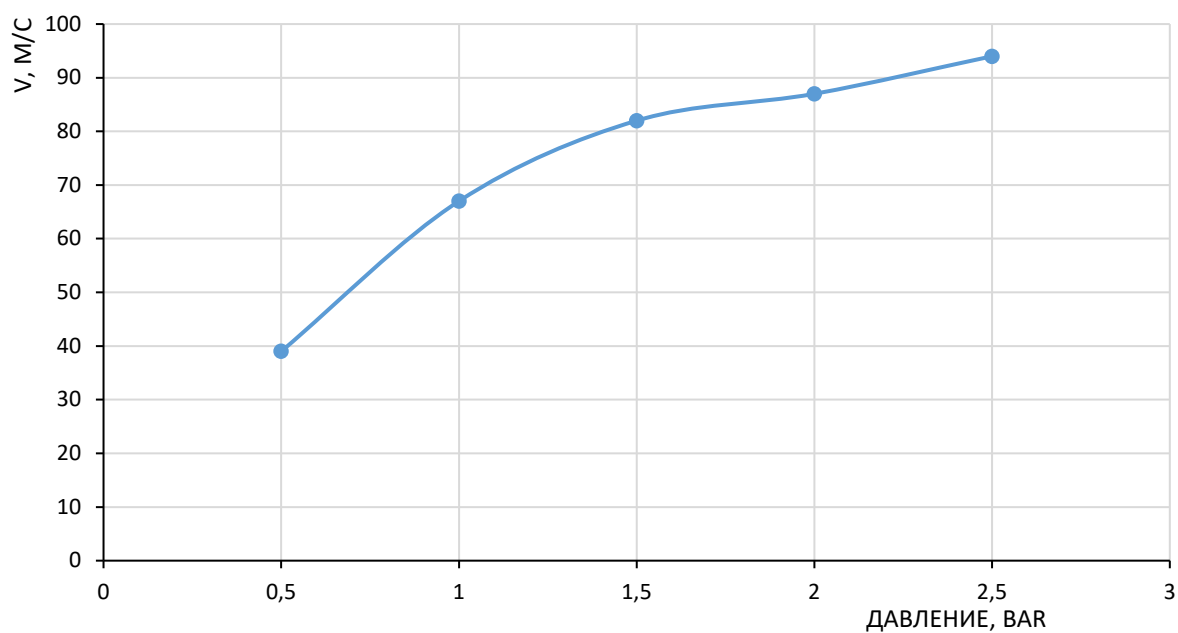


Таблица 2

N, выстрела	Тип патрона	Вид дула	Давление, bar	V, м/с	Среднее значение V, м/с
1	Беруша	Короткое	0,5	21,0	23,0
2				24,0	
3				23,0	
1	Беруша	Короткое	1	35,0	34,0
2				35,0	
3				32,0	
1	Беруша	Короткое	1,5	36,0	37,0
2				38,0	
3				38,0	
1	Беруша	Короткое	2	37,0	37,0
2				37,0	
3				36,0	
1	Беруша	Короткое	2,5	35,0	37,0
2				38,0	
3				37,0	
1	Беруша	Длинное	0,5	37,0	39,0
2				41,0	
3				39,0	
1	Беруша	Длинное	1	66,0	67,0
2				64,0	
3				70,0	
1	Беруша	Длинное	1,5	82,0	82,0
2				82,0	
3				83,0	

Продолжение таблицы 2

№, выстрела	Тип патрона	Вид дула	Давление, bar	V, м/с	Среднее значение V, м/с
1	Беруша	Длинное	2	87,0	87,0
2				87,0	
3				88,0	
1	Беруша	Длинное	2,5	94,0	94,0
2				93,0	
3				95,0	

График 2. Зависимость скорости пули от давления сжатого воздуха для дул разной длины

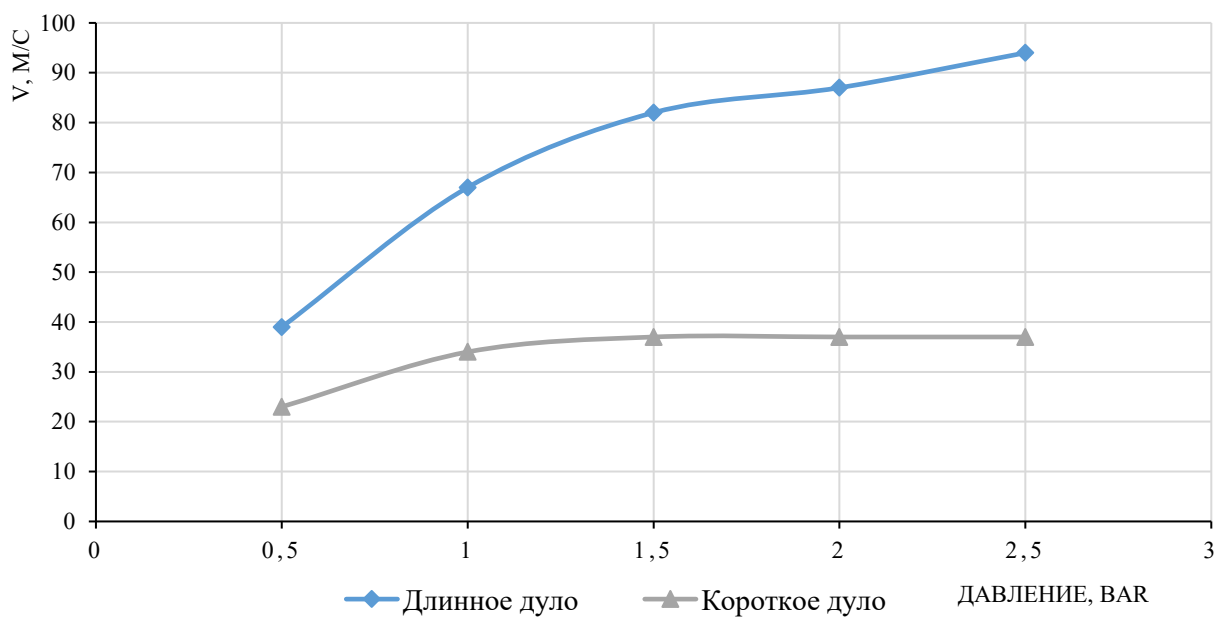


Таблица 3

N, выстрела	Тип патрона	Вид дула	Давление, bar	V, м/с	Среднее значение V, м/с
1	Беруша	Длинное	2	87,0	87,0
2				87,0	
3				88,0	
1	Длинный патрон	Длинное	2	80,0	79,0
2				81,0	
3				75,0	
1	Колпачок	Длинное	2	57,0	52,0
2				50,0	
3				50,0	

График 3. Зависимость скорости различных пуль от номера выстрела

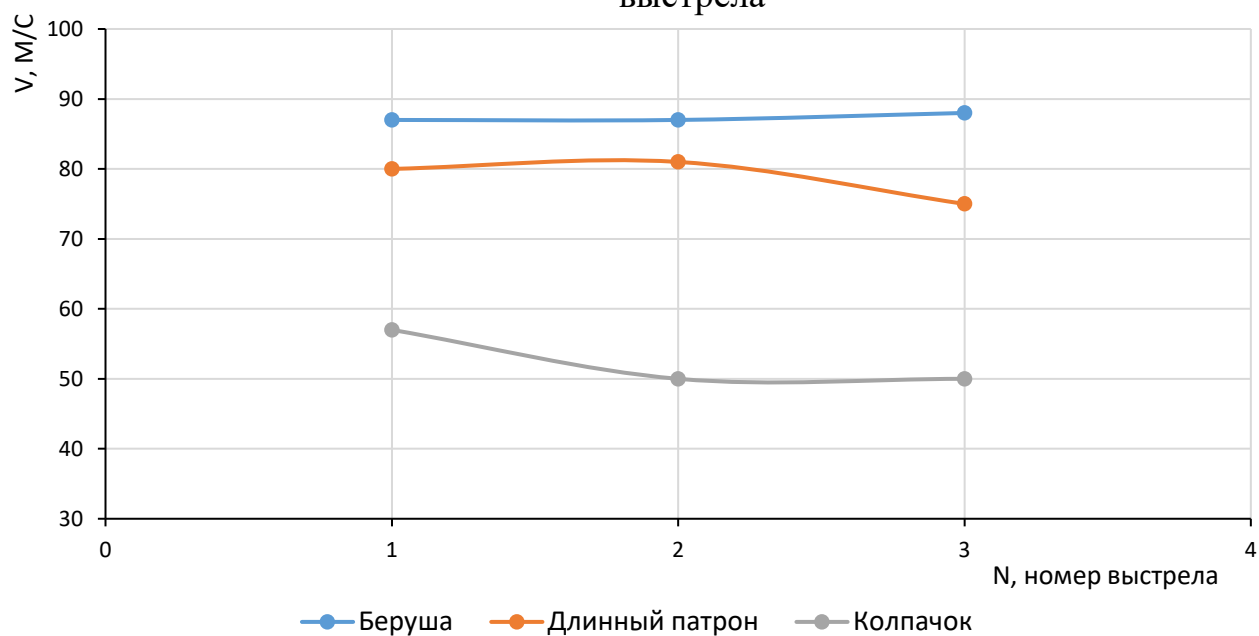


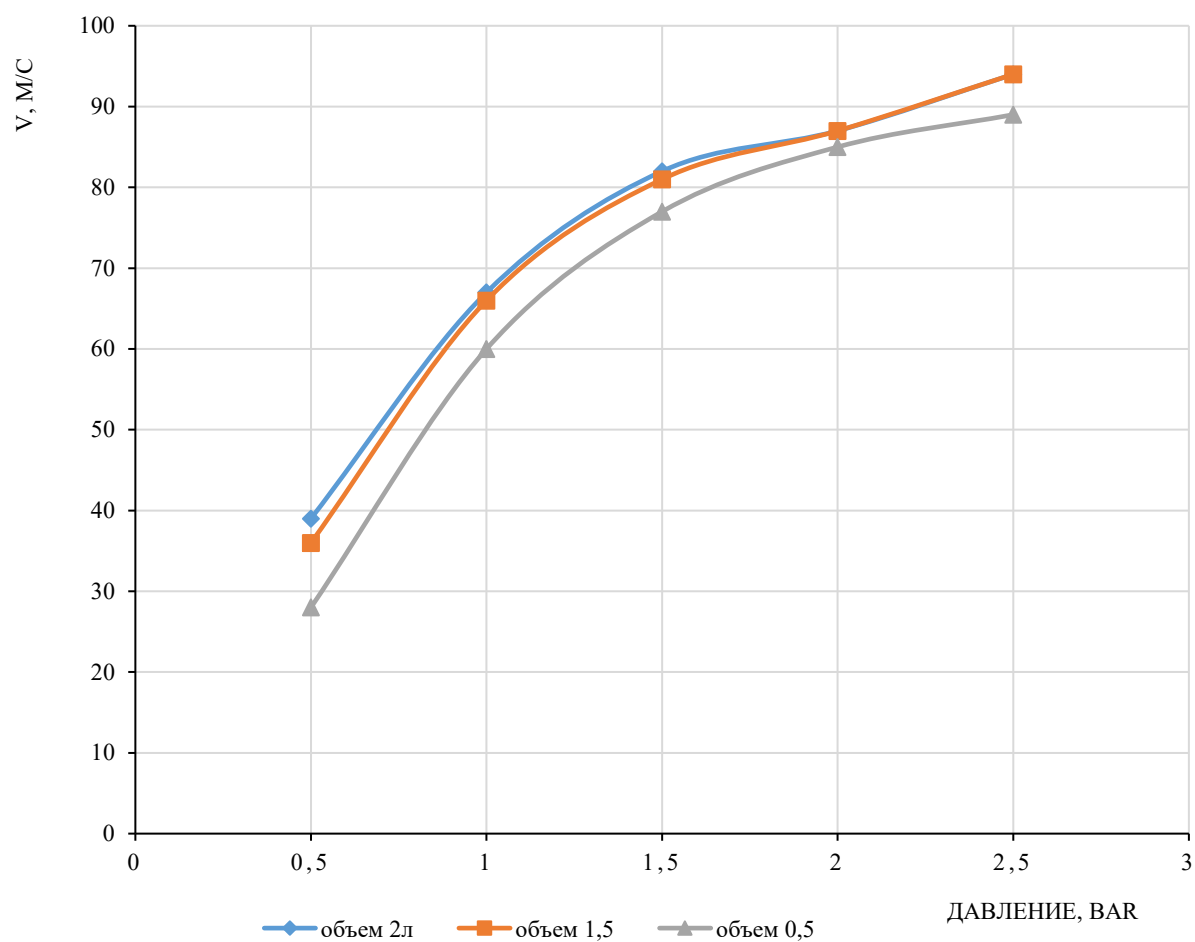
Таблица 4

N, выстрела	Тип патрона	Объем бутылки, л	Давление, bar	V, м/с	Среднее значение V, м/с
1	Беруша	0,5	0,5	32,0	28,0
2				26,0	
3				27,0	
1	Беруша	0,5	1	55,0	60,0
2				63,0	
3				63,0	
1	Беруша	0,5	1,5	76,0	77,0
2				78,0	
3				77,0	
1	Беруша	0,5	2	84,0	85,0
2				84,0	
3				86,0	
1	Беруша	0,5	2,5	90,0	89,0
2				89,0	
3				89,0	
1	Беруша	1,5	0,5	39,0	36,0
2				34,0	
3				36,0	
1	Беруша	1,5	1	67,0	66,0
2				65,0	
3				65,0	
1	Беруша	1,5	1,5	81,0	81,0
2				81,0	
3				80,0	

Продолжение таблицы 4

N, выстрела	Тип патрона	Объем бутылки, л	Давление, bar	V, м/с	Среднее значение V, м/с
1	Беруша	1,5	2	87,0	87,0
2				87,0	
3				88,0	
1	Беруша	1,5	2,5	93,0	94,0
2				94,0	
3				95,0	
1	Беруша	2	0,5	37,0	39,0
2				41,0	
3				39,0	
1	Беруша	2	1	66,0	67,0
2				64,0	
3				70,0	
1	Беруша	2	1,5	82,0	82,0
2				82,0	
3				83,0	
1	Беруша	2	2	87,0	87,0
2				87,0	
3				88,0	
1	Беруша	2	2,5	94,0	94,0
2				93,0	
3				95,0	

График 4. Зависимость скорости пули от давления сжатого воздуха для бутылок разного объёма

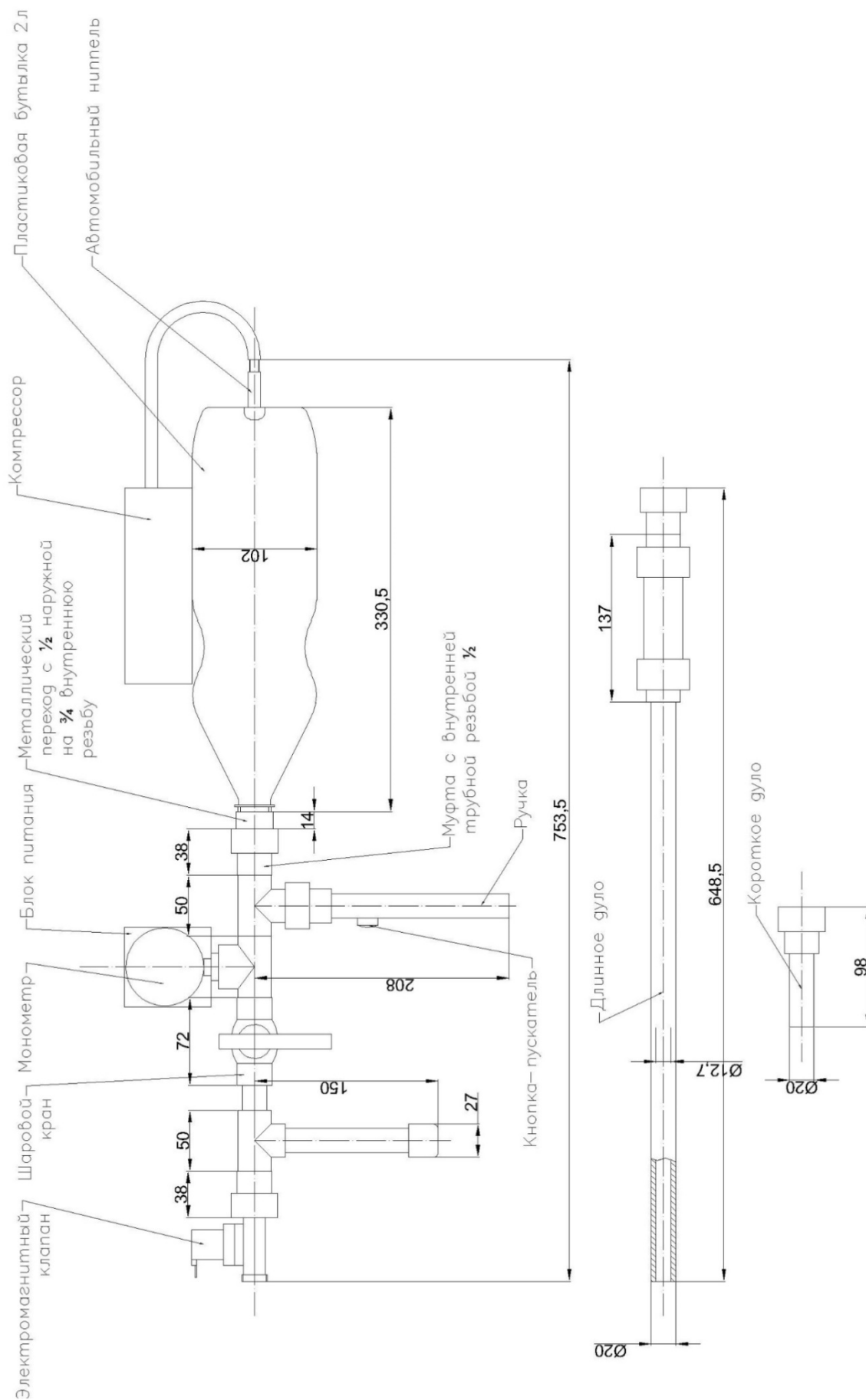


Приложение 3.1 «Погрешность хронографа»

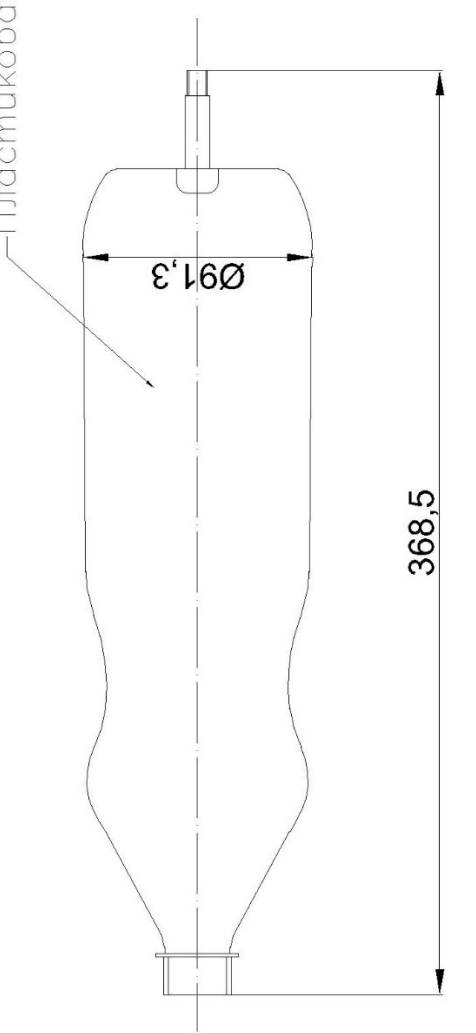
Таблица 5

N, выстрела	Тип патрона	Объем бутылки, л	Давление, bar	V, м/с
1	Беруша	2	2	87,0
2				88,0
3				87,0
4				88,0
5				87,0
6				86,0
7				87,0
8				87,0
9				86,0
10				86,0
11				87,0
12				87,0

Приложение 3.2 «Чертежи»



Пластиковая бутылка 1,5л



Пластиковая бутылка 0,5л

