# Описание экспериментальной установки.

Исследования проводились на экспериментальной установке, состоящей из ударной трубы и разрядной камеры (рис. 2.1). Используя диафрагмы различной плотности, генерировались ударные волны различной интенсивности. Камера низкого давления ударной трубы имеет длину *297 см* (от переходной секции до гасящего бака) и в сечении представляет собой прямоугольник с внутренними размерами *4,82,4 см.*

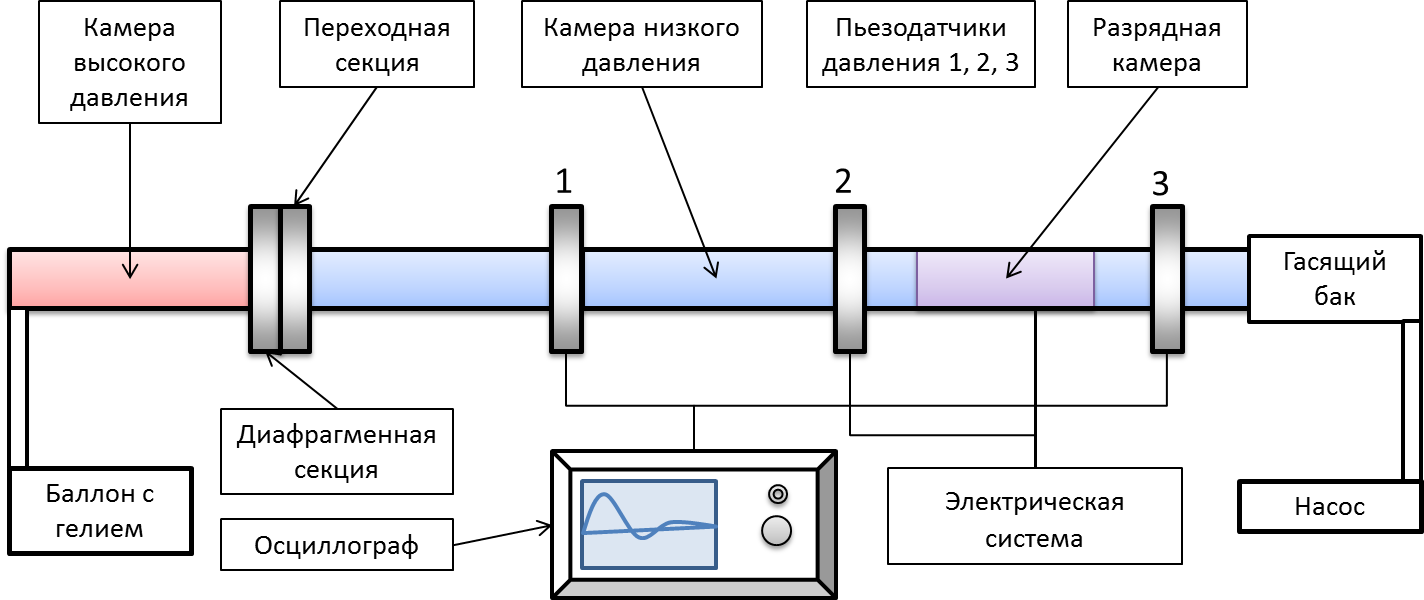


Рис. 1.1. Схема установки с диагностической аппаратурой. Расстояние между пьезодатчиками 1 и 2 - 103 *см,* между пьезодатчиками 2 и 3 - 36.5 *см.*

Эксперименты по инициированию импульсного поверхностного скользящего разряда проводились при различных условиях в разрядной камере ударной трубы.

Серия экспериментов в неподвижном воздухе проводилась для давлений от 10 – 150 Торр, при этом, пониженное давние в камере низкого давления создавалось с помощью форвакуумного насоса.

Сверхзвуковые потоки создавались за плоскими ударными волнами с числами Маха 2.7-4.8 в канале ударной трубы. Для создания ударных волн камера высокого давления, отделенная от камеры низкого давления диафрагмой, заполняется гелием под давлением до 6 атм. В зависимости от соотношения выставленных давлений в камерах реализуются ударные волны различной интенсивности. Скорость ударных волн определяется с помощью регистрации сигналов пьезоэлектрических датчиков давления в канале ударной трубы, которые подключены к цифровому осциллографу Tektronix TPS 2014 (см. рис. 1.1). Длительность однородного течения за ударными волнами, рассчитанная с помощью соотношений Рэнкина-Гюгонио, составляла *190 – 260 мкс* при числах Маха *3,5-4,2.*

Синхронизация запуска разряда с прохождением ударной волны осуществлялась от сигналов пьезодатчика давления, подключенного к генератору импульсов Г5-100. Время задержки на генераторе выставлялось таким образом, чтобы в момент разряда ударная волна находилась внутри разрядного промежутка или уходила за его пределы.

# Описание структуры течения в разрядной секции.

Серия экспериментов с ударными волнами проводилась в неоднородном сверхзвуковом потоке. Для получения необходимой конфигурации течения в разрядной камере было установлено небольшое препятствие в виде прямоугольного параллелепипеда с размерами *6,1 48 2,1 мм* (длина в направлении потока  ширина  высота) на расстоянии *15 мм* от начала электродов (рис. 1.2). В результате дифракции ударной волны на препятствии генерируется наклонная ударная волна (косой скачок уплотнения), угол которой зависит от скорости потока. Косой скачок уплотнения отражается от верхней поверхности, взаимодействуя с пограничным слоем на стенке канала. Область взаимодействия характеризуется локальным понижением плотности и, соответственно, значения приведенного электрического поля .

В экспериментах по изучению разряда в потоках разряд инициировался через *80-600 мкс* после того, как исходная плоская ударная волна проходит пьезоэлектрический датчик 2 (рис. 1.1). В зависимости от того, где находится фронт ударной волны, реализуются разные режимы развития разряда. На рис. 1.2 показано свечение разряда в потоке, когда фронт ударной волны прошел расстояние *11 см* после касания препятствия. Как видно на схеме, фронт исходной плоской ударной волны в этом случае полностью проходит разрядную область, выходит за ее пределы и не взаимодействует с разрядом. Поверхностный скользящий разряд при этих условиях развивается в виде одиночного канала в области взаимодействия косого скачка уплотнения с пограничным слоем, то есть в области пониженной плотности. На фотоизображении свечение разряда выглядит как узкая интенсивно излучающая полоса шириной менее *1 см* (рис. 1.2).

Световод спектрометра в серии, когда ударная волна находилась внутри разрядного промежутка, был направлен в область на конце разрядного промежутка, а в серии с ушедшей из области разряда ударной волной − в область интенсивного свечения разряда, взаимодействующего с наклонной ударной волной. Удаление от разрядной области подбиралось таким образом, чтобы сигнал от оптоволокна не зашкаливал. В случае регистрации свечения при взаимодействии разряда с наклонной ударной волной световод был отодвинут на несколько сантиметров, так как разряд светил одним ярким каналом.

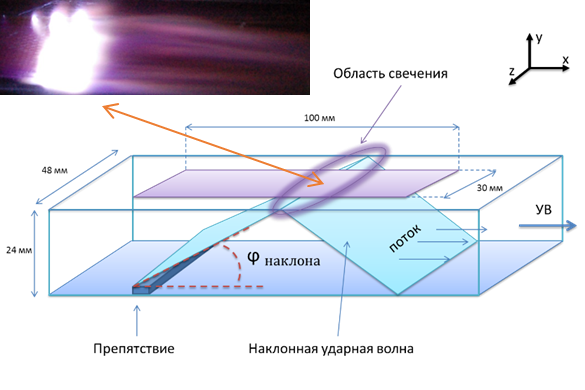


Рис. 1.2. Схема течения в разрядной камере с препятствием с фотоизображение свечения разряда.

# Описание поверхностного скользящего разряда.

Импульсный поверхностный распределенный скользящий разряд наносекундной длительности (плазменный лист) состоит из скользящих по поверхности диэлектрика каналов, образуя плазменный слой, сравнимый по толщине с пограничным слоем сверхзвукового течения в ударной трубе (~0,5 мм). Он может использоваться в качестве актуатора для воздействия на поток. Длительность разряда менее 500 нс.

Разрядная секция представляет из себя часть ударной трубы, в которой расположена специальная система электродов на нижней и верхней стенках. Разряд мог инициироваться на двух стенках камеры или только на верхней стенке (рис. 1.3 а). Поверхностный скользящий разряд инициировался при подаче импульсного напряжены 25 кВ на верхней стенке. Расстояние между электродами составляло 3 см, таким образом напряженность электрического поля в экспериментах было . Схема электродов представлена на (рис. 1.3 б).

Для детального анализа ультрафиолетовой области свечения разряда разрядную секцию с двух сторон закрывают кварцевые стекла размером *1972416 мм (длина   высота   ширина)* типа КУ с полосой пропускания *200-2800 нм*. Это позволило регистрировать полосы второй положительной системы азота , которая лежит в области *300 – 500 нм.* Эти данные были необходимы для оценки приведенного электрического поля .

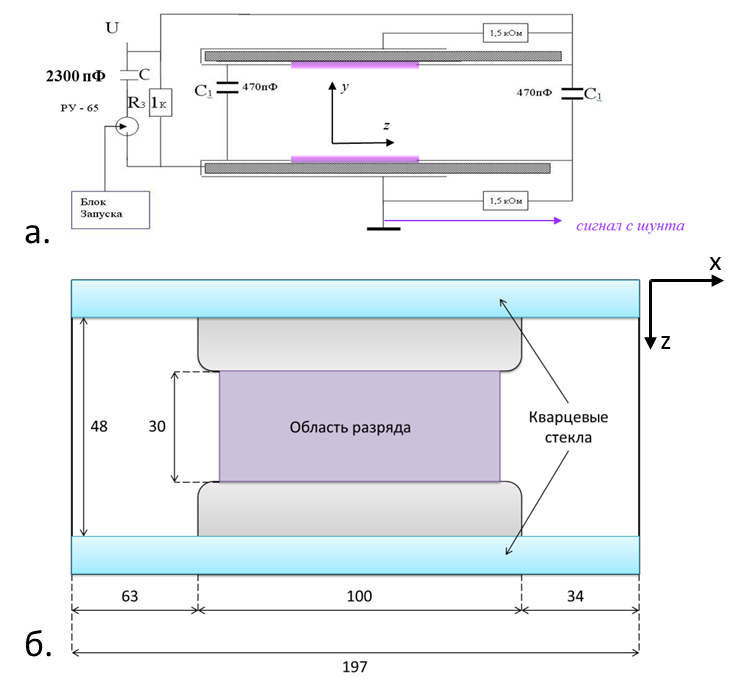


Рис. 1.3. Электрическая схема разряда (а) и схема расположения электродов в разрядной камере (б).

С двух сторон перед кварцевыми стеклами размещались фотоаппараты Canon и Nikon для фотографирования разряда под разными углами. Для более детальной фиксации канала разряда перед одним из фотоаппаратов ставился фильтр. Регистрация спектров осуществлялась спектрометром AvaSpec–2048 с волновым диапазоном от *200-1100 нм* с оптоволоконным кабелем. Торец оптоволокна с помощью специального штатива устанавливался под небольшим углом к плоскости разряда. На оптоволокно был установлен конденсор для увеличения области оптического зондирования свечения разряда.

Спектрометр подключен к компьютеру, где с помощью программы AvaSoft регистрируются и отображаются спектры. Далее данные со спектрометра обрабатываются в собственном специализированном программном обеспечении. Одновременно регистрировались осциллограммы тока с помощью специального малоиндуктивного шунта, установленного в разрыве цепи заземления (рис. 1.3 а). Для регистрации осциллограмм тока использовался четырехканальный цифровой запоминающий осциллограф Tektronics TPS 2014.