

ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ ПРИБОРОВ ТИПА «КЛИСТРОН»

Е. М. Студенков

В данной статье приводится краткое описание разработанной и испытанной автором на опыте гидравлической модели электронно-лучевых приборов, работающих по принципу скоростной модуляции электронного луча (типа клистрон).

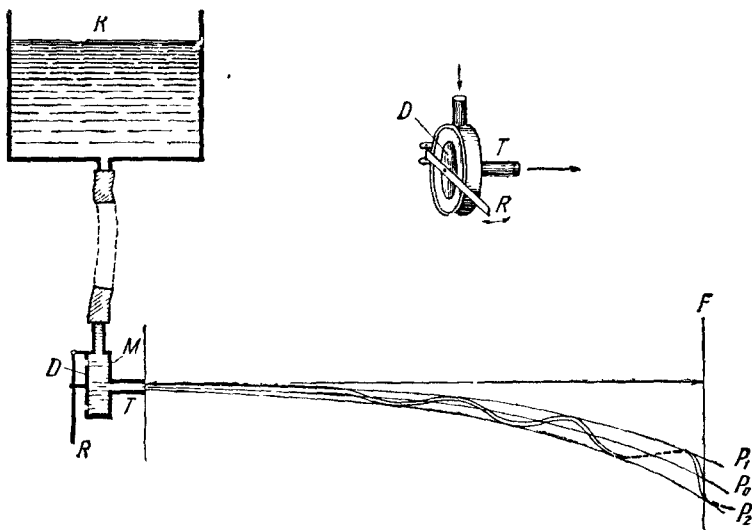


Рис. 1.

Модель даёт наглядное представление о принципах действия данных приборов и может быть с успехом использована на лекционных демонстрациях, а также дать некоторые практические данные для конструирования электронно-лучевых приборов.

1. Устройство модели. В модели роль электронного луча играет струя жидкости (см. рис. 1), вытекающая из трубки T с определённой скоростью под напором жидкости, находящейся в резервуаре K на некоторой высоте.

Перед выходом из трубки жидкость проходит через модулятор скорости M , представляющий собой небольшой полый цилиндр (рис. 1 вверху), одно основание которого соединено с выходной трубкой T , а противополож-

ное — сделано в виде гибкой каучуковой мембраны, через которую посредством диска D и рычага R может передаваться жидкости добавочное переменное давление, изменяющее скорость струи.

Быстрое уменьшение или увеличение объёма модулятора, под действием внешней переменной силы, действующей на рычаг R , вызывает соответственно увеличение или уменьшение скорости частиц жидкости, вытекающих из трубки T . При наличии, в простейшем случае, гармонической силы, действующей на рычаг R , струя примет вид, примерно изображённый для определённого момента времени на том же рис. 1, где наиболее быстрые части струи движутся по верхней параболе P_1 , части, не испытавшие изменения в скорости, по средней параболе P_0 и наиболее медленные части — по нижней параболе P_2 . Как видно из рисунка, модулированная струя в процессе своего движения деформируется и на некотором расстоянии от выхода в ней происходят в одних местах разрывы, а в других — накопления или слитки жидкости, т. е. наступает явление фазовой фокусировки, аналогичное такому же в электронно-лучевых приборах. Здесь имеет место небольшое отличие, вызванное наличием постоянно действующей на струю силы тяжести. Последнее, однако, существенного влияния на работу модели не оказывает.

То место F , в котором части деформированной струи располагаются, примерно, в вертикальном направлении, можно считать фазовым фокусом модулированной струи. Расстояние MF , как известно, зависит от частоты и амплитуды модулирующей силы, а также от начальной скорости струи.

2. Модель усилителя колебаний. Модулированная струя проходит через фазовый фокус F в виде отдельных последовательных слитков, кинетическая энергия которых может быть использована для возбуждения колебаний, более мощных, нежели колебания, требующиеся для модуляции скорости струи.

В модели усилителя для модуляции скорости струи использовались колебания несколько утяжелённого якоря электрического зуммера, жёстко соединённого с рычагом модулятора R . Якорь колебался с частотой порядка 20—25 Hz .

В фазовом фокусе струи размещался вибратор (рис. 2, *а*), представлявший собой небольшую упругую пластинку, один конец которой закреплялся на стойке, а на другом конце имелся груз G и лёгкий металлический диск S , который воспринимал на себя толчки последовательно падавших на него слитков модулированной струи.

Длина вибрирующей части пружины могла регулироваться с помощью винта и передвижной муфты E , двигавшейся вдоль пружины. Этим самым имелась возможность «настроить» вибратор на частоту первичных колебаний, поступающих на модулятор от электрического прерывателя.

При совпадении частоты колебаний модулятора и вибратора и подходящем выборе расстояния между ними вибратор начинал интенсивно раскачиваться. Амплитуда колебаний возрастала при увеличении напора жидкости; одновременно с этим необходимо было увеличивать расстояние MF .

При небольшой расстройке имели место биения в колебаниях вибратора, а при полном несовпадении частоты первичных колебаний и колебаний вибратора последний почти совершенно не раскачивался.

3. Модель генератора автоколебаний. Модель генератора получалась при установлении обратной связи между вибратором и модулятором. Для этого вибратор был сделан в виде небольшого маятника с грузом и таким же плоским диском на конце для восприятия действия струи, как и в предыдущем случае (рис. 2, *б*). Изменяя длину пружины N и расположение груза, можно было менять частоту колебаний вибратора. На оси маятника прикреплялся небольшой рычажок r , от которого шла тонкая проволока к рычагу модулятора R (обратная связь). Рычажок r можно было поворачивать вокруг закрепляющего его винта z , благодаря чему можно было менять

величину его плеча и, следовательно, менять величину обратной связи от некоторого максимума до нуля или даже изменять фазу действия обратной связи на противоположную, путём поворота рычажка r на 180° .

Работа модели испытывалась следующим образом: груз маятника вибратора устанавливался на некоторую определённую частоту, которая замерялась с помощью счётчика колебаний, описание которого здесь не приводится. Затем вибратор устанавливался на некотором расстоянии от исхода струн, устанавливалась обратная связь натяжением соединительной проволоки, пускалась струя и путём передвижения резервуара с жидкостью по высоте подбиралось оптимальное его положение, т. е. такая скорость струн, при

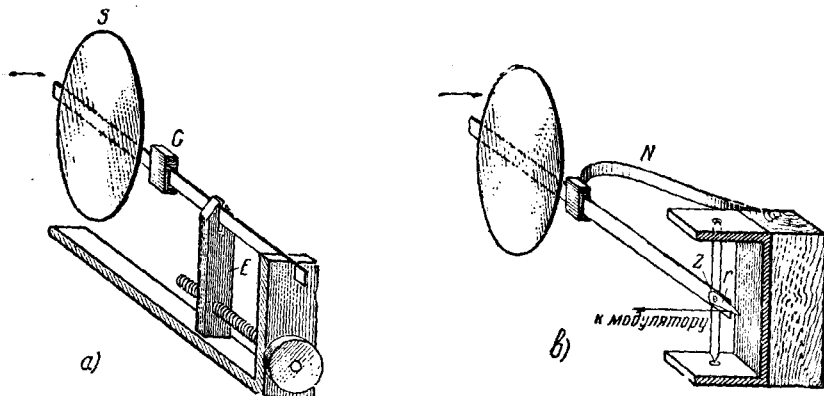


Рис. 2.

которой самовозбуждение генератора происходило наиболее легко и колебания происходили с максимальной интенсивностью.

Ниже приводятся несколько цифровых данных для оптимальных условий колебания, полученных на опыте:

Частота колебаний (Hz)	Высота напора жидкости (см)	Расстояние между модулятором и вибратором (см)
7,5	300	140
7,5	220	100
7,5	153	80

На модели, безусловно, можно было бы количественно проверить и подтвердить многие теоретические положения, относящиеся к электронно-лучевым усилителям и генераторам. Возможно также было бы испытать различные видоизменения модели, как-то: модель противотактного генератора с двумя модуляторами и двумя струями жидкости, направленными навстречу друг другу, модель генератора с тормозящим полем (струя, направленная вертикально вверх) и т. д., но условия работы не позволили автору провести эксперименты с описанной моделью со всей полнотой.