Локальный баланс заряженных частиц в газоразрядной плазме: История вопроса [[1]](#footnote-1)\*)

Медведев А.Э.

Институт лазерной физики СО РАН, medvedev@laser.nsc.ru

Интенсивные исследования газового разряда начались в начале 20-го века вместе с применением в стеклянных трубках для нужд наружной осветительной рекламы. Особенностью таких разрядов является протяжённый и однородный вдоль оси трубки, положительный столб (ПС), что позволяет при учёте баланса заряженных частиц не принимать во внимание составляющие электрический ток встречные потоки заряженных частиц, поскольку из-за однородности параметров вдоль оси трубки, количество проходящих через любое сечение частиц остаётся неизменным. Тогда в стационарном случае можем говорить, что для выбранного сечения трубки количество рождённых заряженных частиц равно количеству ушедших на стенки, или погибших в результате рекомбинации в объёме. Однако фактически, частицы рекомбинирующие на стенках сечения трубки (S) приходят из различных областей газового разряда (см. Рис.), положительные ионы (i) – со стороны анода, а электроны (e) – со стороны катода. Особенно это заметно при давлениях плазмообразующего газа более 0,01 *Торра*, когда разряд переходит из режима свободного пробега заряженных частиц в диффузный. Оценки показывают, что число электронов, прошедших через поперечное сечение трубки при давлении 1 *Торр* на несколько порядков превосходит число электронов ушедших на стенки трубки под действием амбиполярной диффузии, причём это соотношение возрастает пропорционально давлению газа. При атмосферном давлении отношение потока электронов вдоль оси трубки к потоку на стенки, для характерных размеров трубки составляет 5-6 порядков. Качественно соотношение статей баланса частиц не меняется и при учёте рекомбинационных потерь в объёме. Более того, при наличии сильной диссоциативной рекомбинации частиц в объёме стационарный тлеющий разряд физически не может существовать при повышенных и тем более атмосферных давлениях.

Рис. Схема движения заряженных частиц в трубке.

Другими словами, понятие локального баланса заряженных частиц в газоразрядной плазме, корнями уходит в исследования разрядов в трубках достаточно низких давлений, когда частицы находятся в режиме свободного пробега. Исключительно в этом случае можно говорить о балансе как равенстве ионизации и рекомбинации, но не в выделенной точке ПС, как сейчас это понимают, а на участке разрядной трубки длиной порядка её диаметра. В дальнейшем понятие локального баланса частиц, укрепив свой вес и слегка изменив содержание, стало применяться для разрядов в диффузном режиме, с более высокими давлениями и другими геометриями. По существу, сейчас локальный баланс частиц является упрощающим расчёты однородного ПС математическим приёмом, который, как видно из рисунка, для неоднородных разрядов не имеет не только физического содержания, но и никаких оснований для использования в расчётах. Таким образом, налицо созревшая необходимость смены парадигмы моделирования газовых разрядов, с локального баланса заряженных частиц [1] на амбиполярный перенос или перенос плазмы как целого [2].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-29-19130 мк) и проекта госзадания (AAAA-A17-117021750017-0).

Литература

1. Смирнов Б.М. УФН **179** 591 (2009).
2. Медведев А.Э. ФНТП–2020 Сборник тезисов, с. 50.
1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVIII/Lt/en/EL-Medvedev_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)