

УДК 535.015

**РАЗРАБОТКА ОТКАЧНОГО ПОСТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ ИЗ ОБЪЕМА ЭВП**

Попов Павел Евгеньевич

*Студент 4 курса,  
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»  
Московский государственный технический университет**Научный руководитель: В.П. Михайлов,  
заместитель заведующего кафедрой «Электронные технологии в машиностроении» по  
научной работе*

Электривакуумный прибор (ЭВП) – это электронное устройство для выполнения элементарных функций, действие которого основано на использовании электрических, тепловых, оптических и других явлений в вакууме, плазме, твердом теле и других средах.

Производство электривакуумных приборов (ЭВП) включает в себя как и основные технологические этапы (проектирование и разработка, выбор материалов, изготовление компонентов с дальнейшей сборкой и т.д.), так и специализированные, например откачку, в которой большую роль играет газыделение из объема ЭВП, возникающее, например, при термовакуумной обработке (ТВО).

В данной работе будет рассмотрен откачной пост, способный запустить процессы десорбции, произвести качественную ТВО, а также проанализировать газовые потоки. Ниже расположена разработанная принципиальная вакуумная схема откачного поста без учета масс-спектрометра (рисунок 1) с обозначением позиций (рисунок 2).

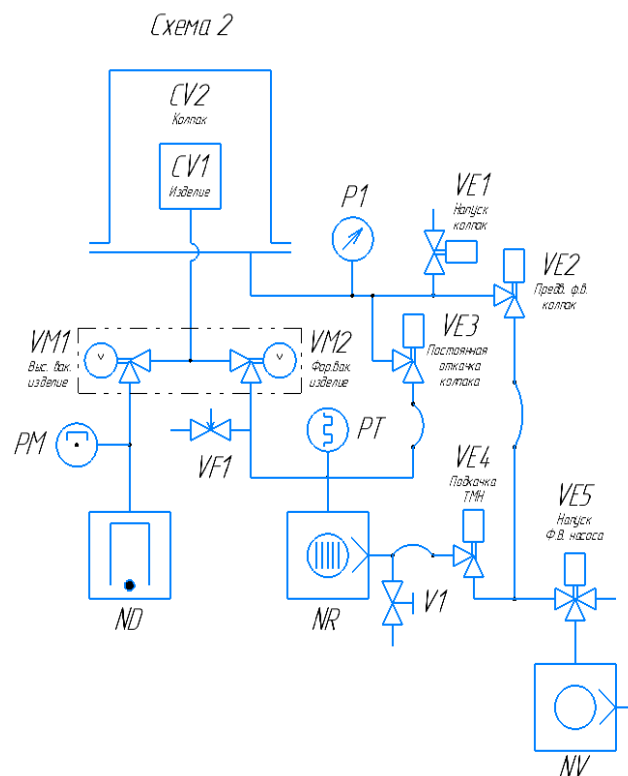


Рисунок 1 – Принципиальная вакуумная схема разработанной системы

| Поз.    | Наименование  | Кол-во | Примечания                                 |
|---------|---|--------|--|
| CV1     | Изделие   | 1      |  |
| CV2     | Рабочая камера (колпак)                                       | 1      |  |
| NV      | Насос спиральный НВСп-12                                      | 1      | Ф.В. насос                                 |
| NR      | Насос турбомолекулярный КУКУ FF-100/300E                      | 1      | Ф.В. отк. и колп.                          |
| NM      | Насос магниторазрядный диодный НМД-К-0.1                      | 1      | В.В. отк.                                  |
| P1      | Реле давления Piezos<br>ASZ 3420r-V-B-1600-D-21-30-B-740-F-00 | 1      | Контроль давления и предв. откачки колпака |
| PT      | Преобразователь манометрический ПМТ6-3М-1                     | 1      | Изм. Ф.В.                                  |
| PM      | Преобразователь манометрический ПММ-32                        | 1      | Изм. В.В.                                  |
| V1      | Клапан вакуумный угловой ручной GD-J16B                       | 1      | Контрольный порт                           |
| VM1     | Вентиль высоковакуумный моторизованный                        | 1      | В.В. отк. изд.                             |
| VM2     | Вентиль форвакуумный моторизованный                           | 1      | Ф.В. отк. изд.                             |
| VE1     | Клапан вакуумный электромагнитный GDC-6                       | 1      | Напуск в колпак                            |
| VE2-VE4 | Клапан вакуумный угловой электромагнитный GDC-J25B            | 3      | Откачка колпака и ТМН                      |
| VE5     | Клапан вакуумный дифференциального давления DYC-JQ25          | 1      | Напуск в Ф.В. насос                        |
| VF1     | Натекатель вакуумный VAT 211                                  | 1      | Напуск рабочего газа                       |

Рисунок 2 – Обозначение позиций по вакуумной схеме

Особенность схемы заключается в том, что в вакуумной системе располагается турбомолекулярный насос КУКУ FF-100/300E, который участвует как и в форвакуумной откачке изделия, так и в откачке объема под колпаком, обеспечивая в них достаточно низкое давление ( $10^{-4}$  –  $10^{-5}$  Торр). Он обладает следующими характеристиками: скорость откачки – 260 л/с (по азоту), предельный вакуум –  $2,6 \times 10^{-6}$  Па, максимальное давление запуска – 1500 Па.

Также данная схема снижает селективность откачки изделия. Селективность откачки – это важная характеристика высоковакуумных насосов, так как под вакуумом следует понимать не только суммарное остаточное давление в приборе, но и спектр имеющихся в нем остаточных газов и паров и парциальное давление каждого из них.

Для изучения газовых потоков в систему будет интегрирован квадрупольный масс-спектрометр. Изучение необходимо для выполнения требований по составу и парциальному давлению остаточных газов и паров, так как даже при очень низком суммарном давлении в ЭВП одни газы могут вызвать интенсивное окисление и перегорание нагретых деталей, другие могут стать ядовитыми для катодов, третьи могут привести к резкому возрастанию утечек и пробоев в высоковольтных приборах.

Помимо этого, в работе будут продемонстрированы сборочная модель откачного поста, его отдельные узлы, результаты откачки на разных этапах ТВО и масс-спектрометрического анализа.

### Литература

1. Никифоров, О. А., & Вульф, М. Д. (2021). ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В ВАКУУМЕ. In ВАКУУМНАЯ, КОМПРЕССОРНАЯ ТЕХНИКА И ПНЕВМОАГРЕГАТЫ-2021 (pp. 66-72).
2. Yoshimura N. Outgassing // Vacuum Technology: Practice for Scientific Instruments. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008. – С. 123-174.
3. Бычков С. П. и др. Технология производства электровакуумных приборов: термовакuumная обработка. Экспериментальное сопровождение технологического процесса. – 2022.