

ЗАДАНИЯ

Выполнение лабораторной работы начинается с получения у преподавателя основных данных по моделируемой вакуумной системе (объем камеры, материал, натекание, величина рабочего давления). По этим параметрам определяются исходные значения моделируемой системы и вводятся в программу.

Затем, исходя из заданных требований к вакуумной камере, подбираются основные средства откачки. Параметры выбранных насосов вводятся в текстовые поля окна программы, задаются ориентировочные размеры соединительных трубопроводов. Диаметры трубопроводов подбираются соответственно диаметрам присоединительных фланцев насосов.

Задание 1

Установить параметры вакуумной камеры, записав в соответствующие текстовые поля окна программы:

- заданный объем вакуумной камеры;
- начальное давление в камере (равное атмосферному, если специально не указано);
- пропускную способность течей (в начале работы можно установить $1 \cdot 10^{-6}$);
- начальный поток газовой выделенности (в этом поле задается начальный уровень потока со всей внутренней поверхности вакуумной камеры).

Для вычисления начального потока газовой выделенности сначала рассчитывается площадь внутренней поверхности вакуумной камеры A (диаметр и высоту цилиндрической камеры можно принять равными). Для заданного материала стенок камеры по табл. 1.1 находится значение удельного потока с единицы поверхности q_0 . Тогда искомая величина равна $Q_{\text{ГВО}} = q_0 \cdot A \cdot F$. Коэффициент шероховатости поверхности F учитывает превышение истинной площади поверхности над геометрической. Для грубо обработанных поверхностей металлов он может составлять 20 и более, для полированных - 3-5.

Задание 2

Произвести первый этап моделирования низковакуумной откачки с помощью форвакуумного насоса. Полученное давление должно обеспечивать нормальный запуск диффузионного насоса (не более $p_{\text{раб}} = 10$ Па). Максимальное время откачки до рабочего давления $t_{\text{МАКС}} = 20-30$ мин. Известно, что в камере есть течь. Поток газовой выделенности на данном этапе

Таблица 1.1

Скорость удельного газовыделения с поверхности вакуумных конструкционных материалов при 20 °С

Материал	Предварительная обработка материала	Удельный поток газовыделения, Па·м ³ (м ³ ·с)	Длительность предварительной откачки, ч
Низкоуглеродистая сталь		4,12·10 ⁻⁴	1
		7,35 · 10 ⁻⁵	6
		4,12·10 ⁻⁵	10
	Отжиг в вакууме при T= 693 К	4·10 ⁻¹⁰	Любая
Коррозионно стойкая		2,4·10 ⁻⁴	1
		4,12·10 ⁻⁵	6
		2,54·10 ⁻⁵	10
	Отжиг в вакууме при T= 673 К	4·10 ⁻¹⁰	Любая
Медь	Травление, промывка в бензоле и ацетоне	1,13 · 10 ⁻⁵	1 5
	Промывка в бензине и ацетоне	6,12·10 ⁻⁵ 1,03· 10 ⁻⁵	1 5
	Отжиг в вакууме при T= 693 К	1,06· 10 ⁻¹⁰	Любая
Дюралюминий	Травление, промывка в бензоле и ацетоне	4,73 · 10 ⁻⁵ 3,9·10 ⁻⁶	1 5
	Промывка в бензине и ацетоне	2,8·10 ⁻⁴ 1,4·10 ⁻⁴	1 5
		5,57·10 ⁻⁴ 1,9·10 ⁻⁴	1 5

откачки пренебрегаем.

Последовательность выполнения задания

Выбрать насос (табл. 1.2), соответствующие параметры задать в полях для форвакуумной откачки. Время работы системы установить равным 50 мин. Выполнить моделирование откачки.

Проанализировать полученную зависимость. Определить, чем ограничивается величина достигнутого давления.

Дать рекомендацию: необходимо уменьшать течь или нет? Оценить величину допустимой течи.

Определить размеры трубопровода (допустимые), которые снижают эффективную быстроту откачки насоса приблизительно в 1,5 раза (при $P=p_{\text{раб}}$). Выбрать оптимальные размеры трубопровода, соответствующие разумным конструктивным соображениям.

По найденным параметрам рассчитать $t_{\text{действ}}$ - действительное время откачки. Это время должно быть меньше, чем $t_{\text{макс}}$. Если окажется, что

Таблица 1.2

Характеристик вакуумных пластинчато-роторных насосов
типа НВР, 2НВР

Марка агрегата	Быстрота действия, л/с	Остаточное давление, мм рт.ст.	Диаметр впускного патрубка, мм	Габариты, мм	Масса, кг
НВР-1	1	10	8	290-170-143	8
НВР-1,25Д	1,25	0,008	16	340-135-210	10
2НВР-5ДМ	5,5	0,005	25	555-170-280	26
НВР-16Д	18	То же	63	800-265-415	78
2НВР-90Д	25	То же	То же	800-300-400	100
НВР-250Д	63	То же	То же	1060-370-530	210

$t_{\text{действ}} > t_{\text{макс}}$ приступить к выбору параметров насоса и трубопровода для следующего варианта комбинации насосов.

Задание 3

Произвести моделирование высоковакуумной откачки с помощью диффузионного насоса. Параметры откачки: $p_{\text{нач}}=10\text{Па}$, $p_{\text{раб}} = 10 \text{ Па}$, максимальное время откачки $t_{\text{МАКС}} = 2-3 \text{ ч}$. Известно, что в камере происходит газовыделение со стенок и есть течь.

Последовательность выполнения задания

Выбрать высоковакуумный насос (табл. 1.3), соответствующие параметры задать в полях для высоковакуумной откачки. Время работы системы установить равным 200 мин. Выполнить моделирование откачки.

Проанализировать полученную зависимость: достаточна ли скорость снижения давления, достигнут ли требуемый уровень вакуума.

Исходя из величины течи и требуемого рабочего давления, дать рекомендации о последующих действиях с целью откачки вакуумной системы:

- а) оставить выбранные предварительно быстроту действия насоса, размер трубопровода и течь;
- б) изменить быстроту действия насоса, сохранив течь;
- в) принять меры к уменьшению течи для того, чтобы достичь рабочее давление при выбранной предварительно быстроте действия насоса.

Окончательно определить размер трубопровода так, чтобы эффективная быстрота откачки насоса (при $p = p_{\text{раб}}$) снижалась не более, чем в 2 раза.

Если не удастся достичь рабочего давления, то необходимо увеличить быстроту действия насоса.

3

Рассчитать и проверить согласование насосов по потоку откачиваемого газа и максимальной величине допустимого выпускного давления диффузионного насоса.

Таблица 1.3

Характеристики вакуумных диффузионных паромасляных агрегатов АВДМ

Технические характеристики	АВ ДМ-100	АВ ДМ-160	АВ ДМ-250	АВ ДМ-400
Быстрота действия, л/с, в диапазоне рабочих давлений от $6,6 \cdot 10^4$ до $1,3 \cdot 10^{-1}$ Па ($5 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.)	130	310	870	2280
Предельное остаточное давление при температуре окружающей среды: от 10 до 25 °С, Па от 25 до 45 °С, Па	$6,6 \cdot 10^{-5}$ $6,6 \cdot 10^{-4}$			
Наибольшее выпускное давление, Па (мм рт. ст.), не менее	35 (0,263)	33,3 (0,25)	33,3 (0,25)	33,3 (0,25)
Обратный поток паров рабочей жидкости, мг/мин, см ² , не более	$8 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$
Диаметр впускного патрубка, мм	100	160	250	400
Диаметр выпускного патрубка, мм	25	40	63	63

Задание 4

Вакуумная система с найденными параметрами откачивается диффузионным насосом. Известно, что в системе есть течь и газо-выделение. Необходимо получить предельное разрежение порядка $1 \cdot 10^{-5}$ Па после обезгаживания камеры прогревом. Максимальное допустимое давление в системе в режиме прогрева $P_{\text{доп}} = 10^{-1}$ Па. Определить также допустимую течь при заданном предельном разрежении

Предварительно откачать систему в течение 1 ч и зарегистрировать давление в ней.

Последовательность выполнения задания:

Включить прогрев камеры и продолжать откачку. Первоначальный режим: $T = 373$ К, время откачки в режиме прогрева 40-60 мин с последующим отключением прогрева при продолжающейся откачке. Необходимо следить за тем, чтобы давление в системе не превысило максимально допустимое.

Постепенно увеличивая температуру и время прогрева, добиться требуемого уровня обезгаживания камеры для достижения предельного уровня вакуума при остывании камеры.

Оценить, во сколько раз следует уменьшить течь для достижения заданного давления. Выполнить откачку с уменьшенной течью до получения требуемого разрежения.

Исследовать динамику уменьшения парциальных давлений.

Изучить влияние изменения мощности подогревателя насоса на состав вакуумной среды и предельное остаточное давление.

