

# Введение в виртуальную вакуумную лабораторию.

Виртуальная вакуумная лаборатория — это веб-приложение, разработанное для изучения технологии получения высокого вакуума, предварительного исследования вакуумных систем, включая выбор и оптимизацию основных ее параметров. Программа предоставляет пользователю широкие возможности в задании характеристик системы, обладая при этом достаточно понятным и интуитивным интерфейсом. Интерфейс программы состоит из двух окон: главного окна, в котором пользователь задает все параметры вакуумной системы, начиная от выбора насосов и заканчивая заданием парциального состава газов камеры, и окна динамики процесса откачки во времени при выбранных параметрах, откачки вакуумной системы.

Вакуумная система, работа которой моделируется в данной лабораторной работе, является двухступенчатой, включающей низковакуумный (форвакуумный) и высоковакуумный диффузионный насосы. Система прогрева камеры позволяет проводить вакуумную температурную тренировку в диапазоне температур от 293 до 673 К. Предусмотрена имитация течи в системе заданием величины пропускной способности.

Главное окно (рис. 1) состоит из пяти модулей, в каждом из которых задаются специфичные параметры, необходимые для моделирования процесса откачки вакуумной системы.

Схема вакуумной системы	- 11.2	Вакуумная камера	
<u> </u>	Площадь поверхности: 1.1 м <sup>2</sup>	Материал камеры:	(Низкоуглеродистая сталь
V=0.5M	1	Удельный поток газовыделения	0.000512
**	$\mathbf{N}$	Шероховатость	24
T T	T	Проводимость течи,м³/с	2.1E-11
X	X	Обьем камеры, м <sup>3</sup> :	
		Параметры высоковауумного насоса	
	~	• Тип насоса:	АВДМ-100
	<b>л</b>	Быстрота действия, л/с	[130
(АВДМ-100 ▼		Остаточное давление, Па	6.6E-5
	$\bigcirc +$	Диаметр впускного патрубка, мм	[100
l		Диаметр выпускного патрубка, мм	25
(2HB	Р-5ДМ Т	Предельное выпускное давление, Па	35
Откачка вакуумной системы	700	Длина трубопровода, м	0.1
Полюе время откачки, ми	n (100	Диаметр трубопровода, м	0.05
премя включения высоковакуумного насос. МИ	H	Параметры низковакуумного насоса	
Начало прогрева камеры, ми	н (200	🕚 Тип насоса:	2НВР-5Д
Длительность прогрева камеры, ми	н [100	Быстрота действия, л/с	5
Температура прогрева, О	500	Остаточное давление, Па	0.7
		Диаметр впускного патрубка, мм	63
Востановит	ь параметры	Длина трубопровода, м	0.1
Отка	чать	Диаметр трубопровода, м	0.05

Рис 1. Главное окно виртуальной вакуумной лаборатории.

## Схема вакуумной системы.

В модуле "Схема вакуумной системы" представлена схема вакуумной системы, состоящая из вакуумной камеры, высоко и низковакуумного насоса, а также пары трубопроводов. В данном модуле можно выбирать низко и высоковакуумные насосы составляющие систему из представленных моделей различных фирм. В данном приложении представлено 11 различных высоковакуумных и 11 низковакуумных насосов, а также можно задавать насосы с произвольными параметрами, если выбрать пункт "высоковакуумный" для высоковакуумного и "низковакуумный" для низковакуумного насоса.

Также в модуле представлено поле объема, информирующее пользователя о выбранном объеме камеры, сам объем камеры задается в блоке "Вакуумная камера" в графе объем камеры. А также представлено поле "Площадь поверхности", которое отражает площадь поверхности камеры. Данное поле динамически рассчитывается и изменяется в зависимости от изменения объема камеры. Также под полем объема имеется иконка "Исходный парциальный состав"(рис. 2), при нажатии на которую появится окно, в котором можно задать процентный состав газа в камере. Под ста процентами имеется в виду 100000 Па. Чтобы скрыть окно необходимо нажать на иконку "Исходный



Рис. 2 Схема вакуумной системы



парциальный состав" еще раз.

Рис. 3 Поле выбора высоковакуумного насоса

### Откачка вакуумной системы.



Рис. 4 Модуль "Откачка вакуумной системы"

В модуле "Откачка вакуумной системы" (рис. 4) задаются полное время откачки вакуумной камеры, время включения высоковакуумного насоса, время начала прогрева вакуумной камеры, длительность

прогрева, а также температура, при которой камера будет прогреваться.

Чтобы откачать камеру только низковакуумным насосом, без включения высоковакуумного необходимо поставить полное время откачки камеры ниже времени включения высоковакуумного насоса.

#### Вакуумная камера.

Материал камеры:	(Низкоуглеродистая сталь 🔻
Удельный поток газовыделения	0.000512
Шероховатость	24
Проводимость течи,м³/с	2.1E-11
Обьем камеры, м <sup>3</sup> :	

Рис. 5 Модуль "Вакуумная камера"

В модуле "Вакуумная камера" (рис. 5) задается материал камеры, шероховатость поверхности камеры, проводимость течи из атмосферы и объем камеры. В данном приложении представлено на выбор семь различных материалов камеры со своими значениями удельного потока

газовыделения. Также можно выбрать пункт "произвольный", при выборе данного пункта становится возможным устанавливать любое необходимое значение удельного потока газовыделения, а также появляется иконка "Настройка удельного газовыделения по

газам" (рис. 6), при нажатии на которую появится окно, в котором можно настроить удельный поток газовыделения по каждому газу отдельно.

Настройка объема камеры осуществляется с помощью слайдера, возможные значения от 0.1 до 10 кубических метров. Значение объема камеры можно увидеть на схеме вакуумной системы.



Рис. 6 Окно настройки удельного газовыделения

Параметры высоковакуумного насоса и низковакуумного насоса.

🚺 Тип насоса:	АВДМ-100
Быстрота действия, л/с	130
Остаточное давление, Па	6.6E-5
Диаметр впускного патрубка, мм	(100
Диаметр выпускного патрубка, мм	25
Предельное выпускное давление, Па	35
Длина трубопровода, м	0.1
Диаметр трубопровода, м	0.05

В Модуле "Параметры высоковакуумного насоса" и "Параметры низковакуумного насоса" задаются характеристики насосов, выбранных пользователем на схеме вакуумной системы, менять, возможно, только значения длины и диаметра трубопровода. Но при выборе на схеме вакуумной системы насосов "Высоковакуумный" или "Низковакуумный" пользователь

Рис. 7 Модуль "Параметры высоковакуумного насоса"

получит доступ к регулированию всех параметров высоковакуумного и низковакуумного

насосов соответственно. Причем в блоке "Параметры высоковакуумного насоса" слева от графы "Быстрота откачки" появится значок "Настройка Диаметр впускного патрубка, мм 25

Рис. 8 Иконка информации

быстроты действия насоса по газам", при нажатии на которую появится окно, в котором можно будет настроить быстроту откачки по каждому газу отдельно. Закрыть окно можно повторным нажатием на значок.

В обоих блоках слева от графы "Тип насоса" имеется иконка(рис. 8), при нажатии на которую будет выдана дополнительная информация о данном высоко или низковакуумном насосе.

После задания всех параметров системы следует нажать кнопку "Откачать", чтобы программа выполнила расчет, либо "Восстановить параметры" если требуется вернуться к исходным параметрам.

## Окно процесса откачки при выбранных параметрах вакуумной системы.

После нажатия кнопки "Откачать" будет выведено окно динамики процесса откачки (рис. 9).



#### Рис. 9 График откачки

Состоит данное окно из кнопки "назад" (рис. 9 левый верхний угол), которая возвращает пользователя на главное окно без сброса заданных параметров, панели переключения между графиком полного давления и графиками различных парциальных газов, самим графиком, а также блока парциальных давлений, в котором содержаться предельные давления, достигнутые в ходе откачки по всем газам. Чтобы открыть блок парциальных давлений надо нажать на кнопку в виде стрелки. На самом графике реализована возможность увеличения масштаба, для масштабирования необходимо зажать левую кнопку мыши и выделить участок, который необходимо рассмотреть. Для возвращения к исходному масштабу необходимо нажать на значок в правом верхнем углу графика.

В программе предусмотрена возможность сохранения полученного графика. Для сохранения необходимо навести курсор на иконкусохраняемого изображения (рис. 10). Сохранение возможно в форматах jpeg, png, svg. Все основные параметры использовавшиеся для построения графика будут сохранены в имени файла.



Посредством текстовых полей в программу вводятся параметры вакуумной системы, после чего оператор нажимает на кнопку «Откачать». Через небольшой промежуток времени в окне динамики процесса откачки появляется рассчитанная кривая. Тажке можно нажать н поле парциальные давления чтобы узнать полученные остаточные давления по всем газам.

