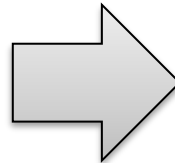
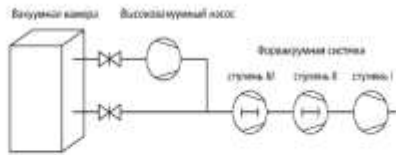


Методика расчета вакуумных систем в компании «Лейфикон Вакуум Сервис» и реализация её в виде бесплатного сервиса leybold.ru/rascam



Вакуумная камера

Длина

Ширина

Высота

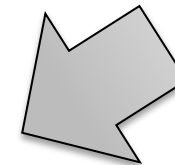
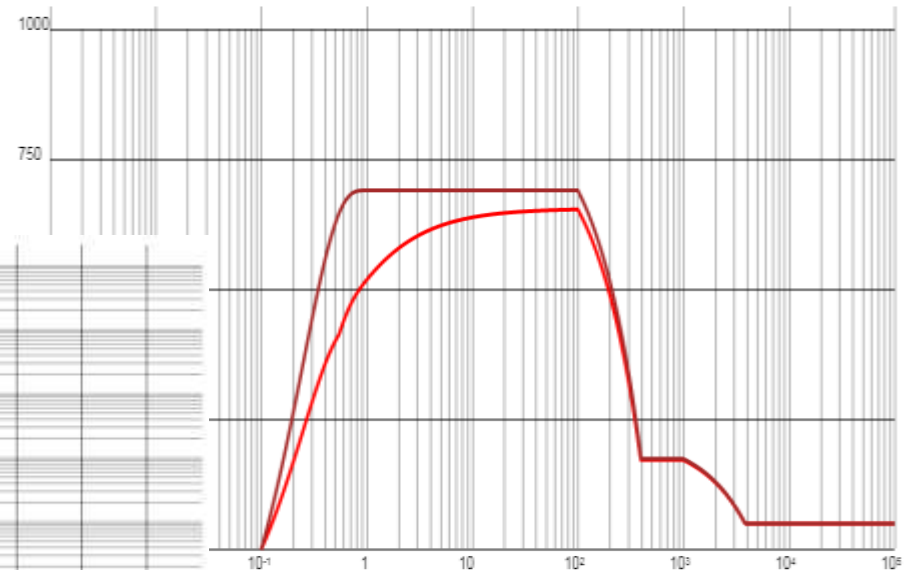
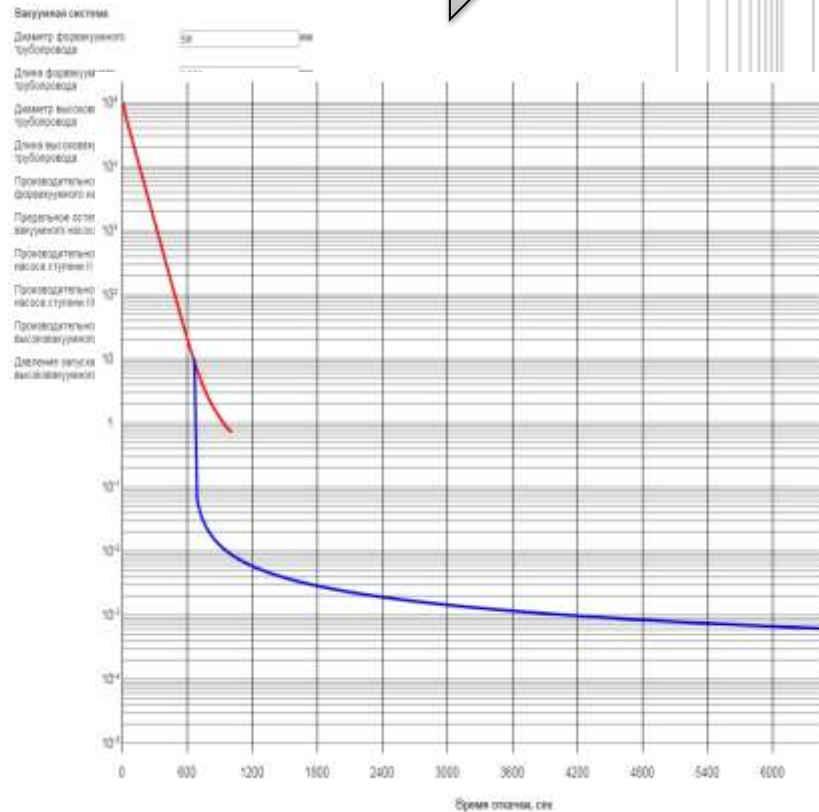
Удельный вес материала камеры Па·м/(м³·с)

Удельный вес материала уплотнений Па·м/(м³·с)

Таблица коэффициентов материалов применены в вакуумной камере

Плотность материала в камере Па·м/с

Площадь поверхности уплотнений м²



Расчет вакуумных систем: суть задачи

Под термином расчет вакуумной системы мы понимаем определение откачной характеристики данной вакуумной камеры с помощью данной вакуумной системы.

Задача возникает:

- При проектировании новых систем
- При модернизации существующих систем
- При анализе существующих вакуумных системы с целью оптимизации

Расчет вакуумных систем: суть задачи

Причины разработки собственной методики:

- Невозможность получения достоверных результатов с помощью упрощенных моделей расчета
- Применение готовых ПО не дало достоверных результатов
- Необходимость в наличии простого сервиса, позволяющего получать достоверные результаты

Расчет вакуумных систем: расчетная модель

Процесс откачки в вакуумной камере:

$$-V \cdot \frac{dp}{dt} = Q, \text{ где } Q = S(p) \cdot p - Q_{\text{ут}} - Q_{\text{дегК}}(t) - Q_{\text{дегУ}}(t)$$

$Q_{\text{ут}}$ – поток натекания в вакуумную систему,

$Q_{\text{дегК}}(t)$ - поток дегазации материала камеры,

$Q_{\text{дегУ}}(t)$ – поток дегазации материала уплотнений,

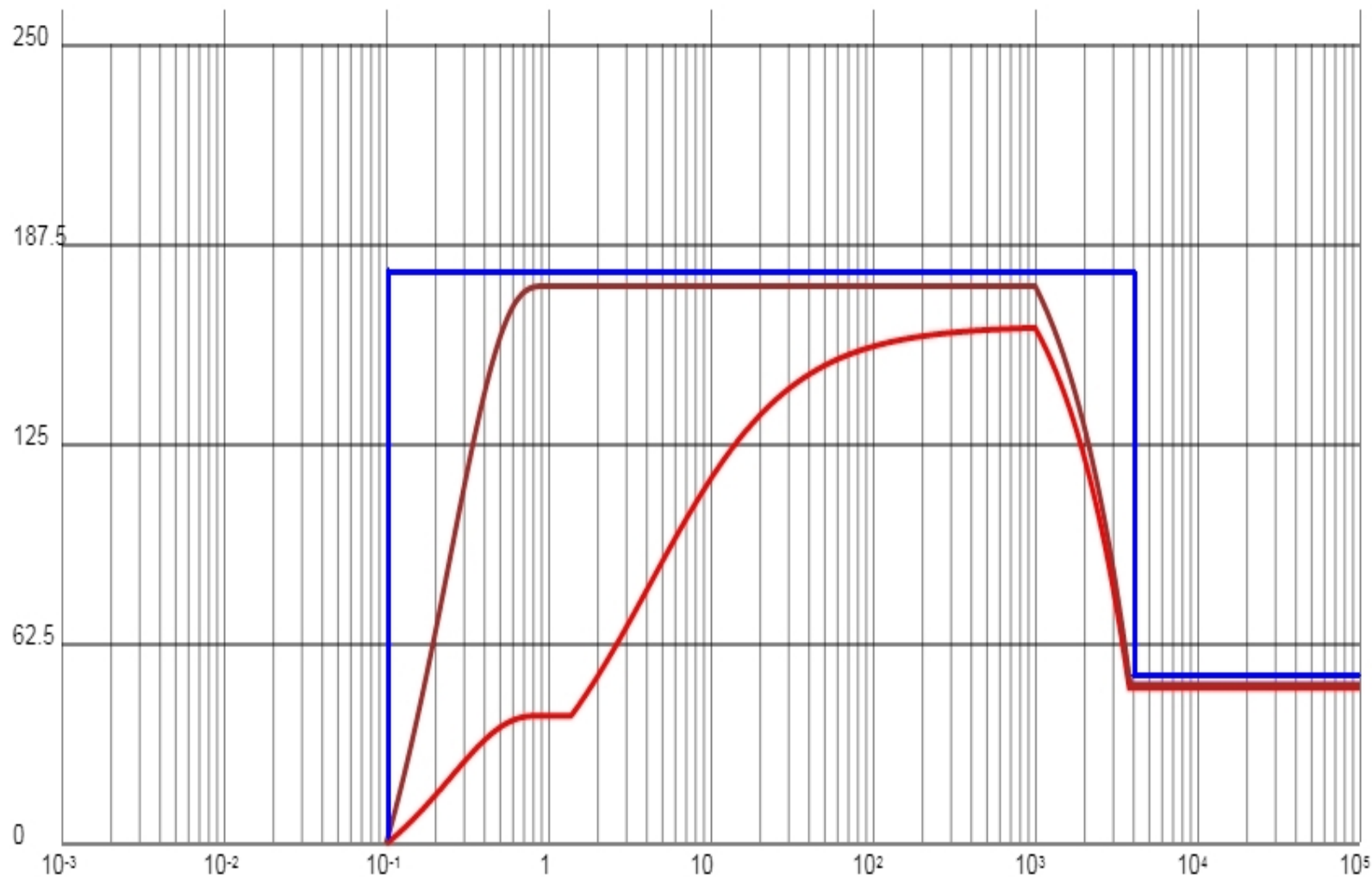
$$-V \cdot \frac{dp}{dt} = S(p) \cdot p - Q_{\text{ут}} - Q_{\text{дегК}}(t) - Q_{\text{дегУ}}(t)$$

Расчет вакуумных систем: расчетная модель

Различные варианты в отличие от принятых допущений:

	Допущения	Уравнение	Область применения	Не учитывается (пренебрегаются)
1	$S = \text{const},$ $Q_{\text{ут}} + Q_{\text{дегК}}(t) + Q_{\text{дегУ}}(t) = 0$	$p(t) = p_{\text{атм}} \cdot e^{-\frac{S \cdot t}{V}}$	Процесс откачки в областях низкого вакуума, с малым натеканием	<ul style="list-style-type: none"> - проводимость - хар-ка насоса - натекания - Дегазация
2	$S = \text{const},$ $Q_{\text{ут}} + Q_{\text{дегК}}(t) + Q_{\text{дегУ}}(t) = \text{const}$	$p(t) = e^{-\frac{S \cdot t}{V}} \cdot \left(p_{\text{атм}} - p_{\text{пред}} - \frac{Q}{S} \right)$	Процесс откачки в областях низкого и среднего вакуума	<ul style="list-style-type: none"> - проводимость - хар-ка насоса
3	$Q_{\text{ут}} + Q_{\text{дегК}} + Q_{\text{дегУ}} = \text{const}$	$-V \cdot \frac{dp}{dt} = S(p) \cdot p - Q_{\text{ут}} - Q_{\text{дегК}} - Q_{\text{дегУ}}$	Процесс откачки в областях низкого и среднего вакуума	<ul style="list-style-type: none"> - зависимость дегазации от времени
4	$S = \text{const}$	$-V \cdot \frac{dp}{dt} = S \cdot p - Q_{\text{ут}} - Q_{\text{дегК}}(t) - Q_{\text{дегУ}}(t)$	Процесс откачки в области высокого вакуума	<ul style="list-style-type: none"> - хар-ка насоса

Расчет вакуумных систем



Кривая скорости откачки для $S=\text{const}$

Кривая скорости откачки вакуумной системы

Кривая эф-ой скорости откачки

Расчет вакуумных систем: реализация

Для форвакуумной откачки была выбрана модель:

$$Q = \text{const}, -V \cdot \frac{dp}{dt} = S(p) \cdot p - Q_{\text{ут}} - Q_{\text{дегК}} - Q_{\text{дегУ}}$$

Для высоковакуумной откачки была выбрана модель:

$$S = \text{const}, -V \cdot \frac{dp}{dt} = S \cdot p - Q_{\text{ут}} - Q_{\text{дегК}}(t) - Q_{\text{дегУ}}(t)$$

Допущения

Форвакуумная откачка:

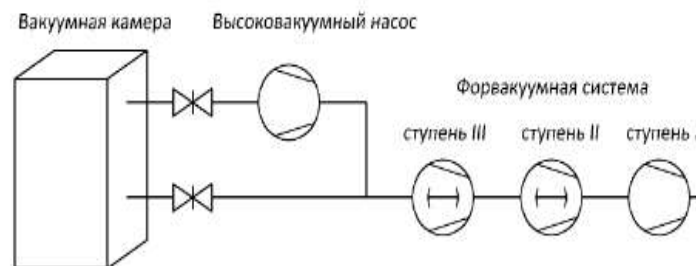
- Упрощены кривые скорости откачки
- Не учитывается объем трубопроводов
- Не учитывается влияние водяных паров на характеристику вакуумных насосов

Высоковакуумная откачка:

- Упрощены кривые скорости откачки
- Не учитывается селективность откачки
- Не учитывается объем трубопроводов
- Не учитывается процесс выхода насоса на номинальную скорость откачки

Расчет вакуумных систем: пример

Ввод параметров: leybold.ru/rascam



Вакуумная камера

Длина м

Ширина м

Высота м

Удельный поток дегазации материала камеры Па·м³/(м²·с)

Удельный поток дегазации материала уплотнений Па·м³/(м²·с)

Таблица газовыделений материалов применяемых в вакуумной технике

Поток натекания в камеру Па·м³/с

Площадь поверхности уплотнений м²

Вакуумная система

Диаметр форвакуумного трубопровода мм

Длина форвакуумного трубопровода мм

Диаметр высоковакуумного трубопровода мм

Длина высоковакуумного трубопровода мм

Производительность форвакуумного насоса ступени I м³/ч

Предельное остаточное давление вакуумного насоса ступени I Па

Производительность вакуумного насоса ступени II м³/ч

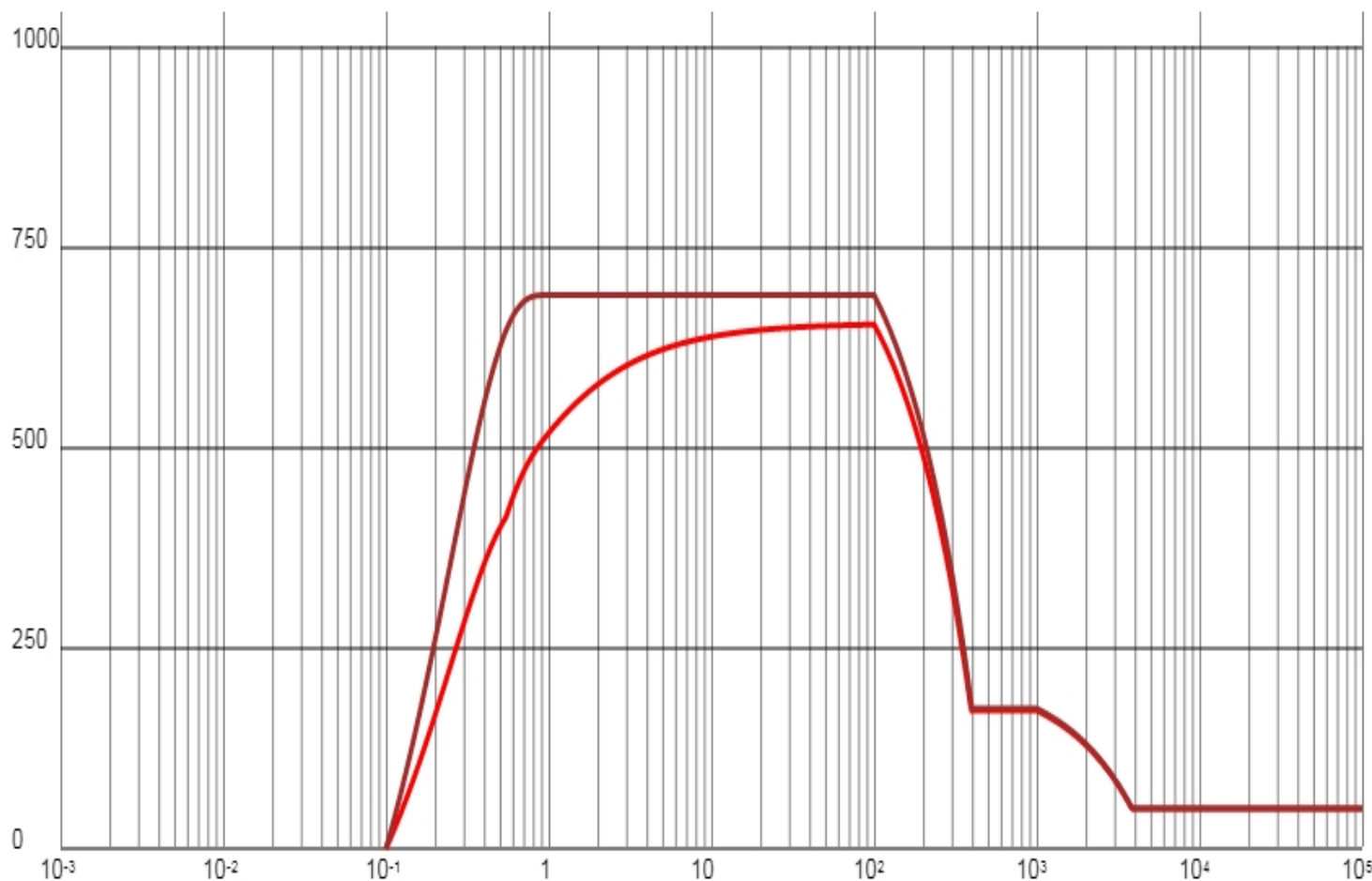
Производительность вакуумного насоса ступени III м³/ч

Производительность высоковакуумного насоса л/с

Давление запуска высоковакуумного насоса Па

Расчет вакуумных систем: пример

Кривая скорости откачки вакуумной системы

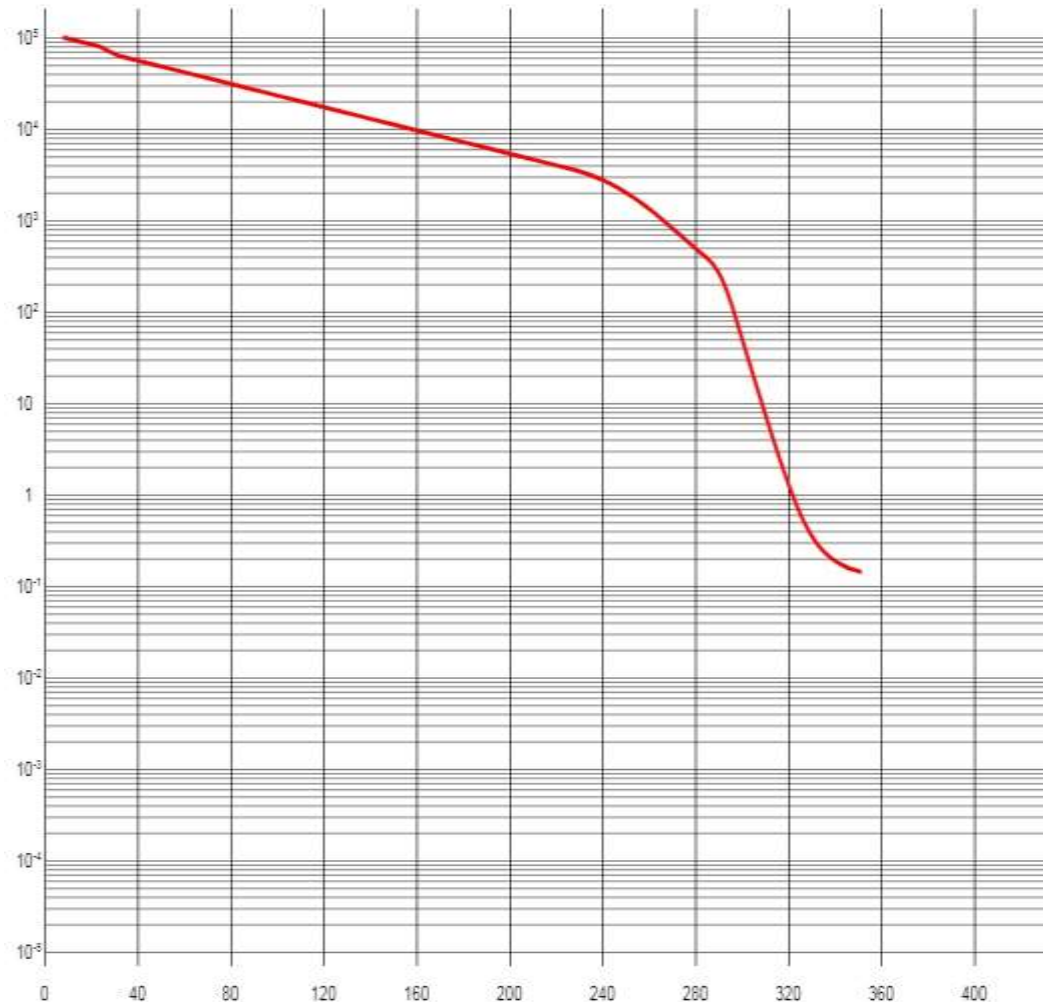


Кривая скорости откачки вакуумной системы

Кривая эффективной скорости откачки вакуумной системы

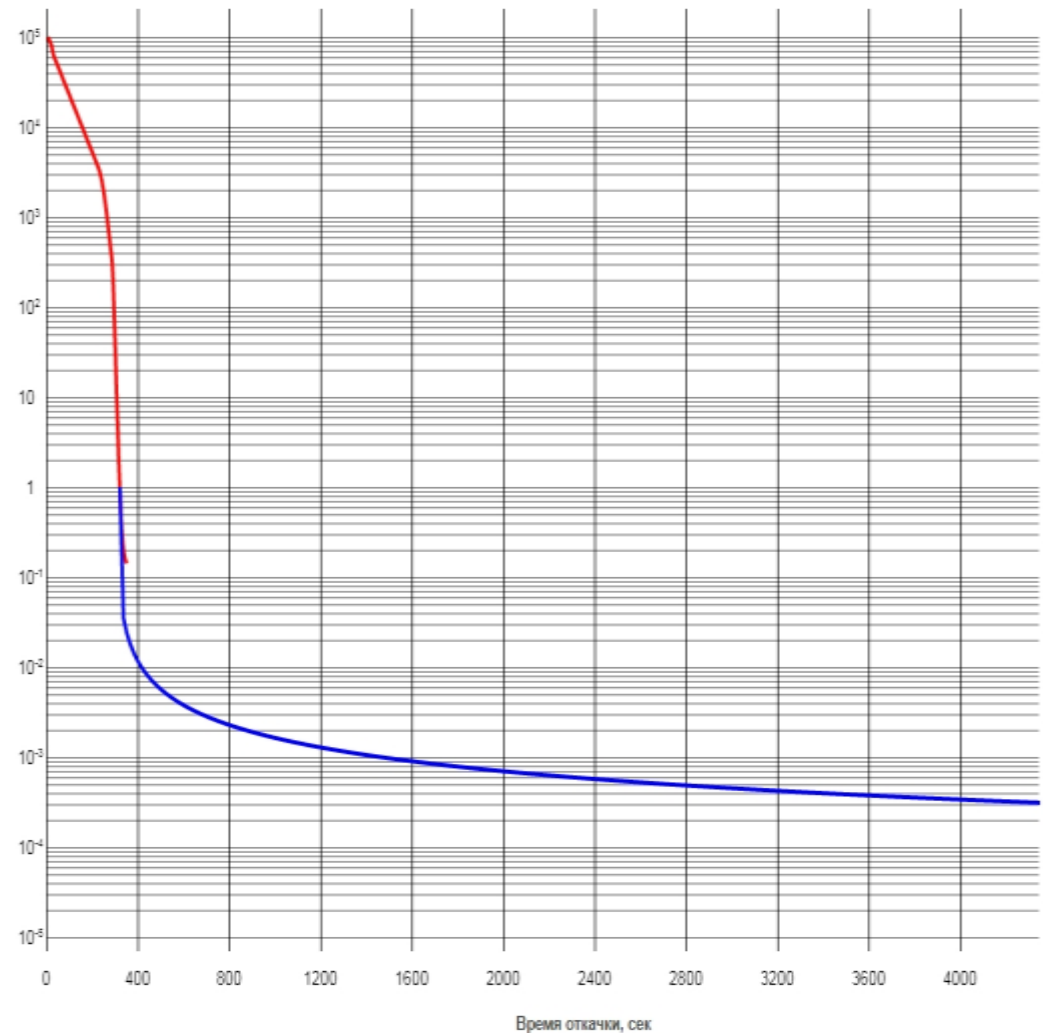
Расчет вакуумных систем: пример

Кривая форвакуумной откачки вакуумной камеры



Расчет вакуумных систем: пример

Кривая откачки вакуумной камеры



Расчет вакуумных систем: недостатки

- Расчет не является абсолютно истинным так как не представляется возможным учесть все факторы, влияющие на процесс откачки (например, влажность воздуха, степень чистоты внутренних поверхностей, шероховатость трубопроводов)
- Получение достоверных результатов (относительно реальной системы) напрямую зависит от введения истинных данных (не всегда их можно оценить)
- Основная задача расчета – получение достоверных результатов с вводом минимального количества параметров
- В ходе расчета принимается ряд необходимых допущений
- Расчет не позволяет рассчитывать вакуумные камеры с наличием влаги
- Используется упрощенная кривая скорости откачки системы (форвакуумной и высоковакуумной)
- Вакуумная камера только прямоугольной формы
- Для продуктивного применения необходимо понимание основ вакуумной техники

Лейфикон Вакуум Сервис,
стенд А207