

ООО «ТехноСистемТрейд»

TehnoSystemTrade LLC

197342, Санкт-Петербург,
ул.Сердобольская, д.65А
Тел.: (812) 677-96-34
Факс: (812) 677-96-34
E-mail: tecsyst.mail@gmail.com

65A Serdobolskay st.,
Saint-Petersburg, 197342, Russia
Tel.:(812) 677-96-34
Fax :(812) 677-96-34
E-mail: tecsyst.mail@gmail.com

ОРГАНИЗАЦИЯ: *ФИЦ КНЦ СОРАН*

Исполнитель: *Дмитрий Беляевский*

КОММЕРЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ № 14-04-26 ФИЦ КНЦ от 14.04.2026 г.

Подготовка и проведение закрытого семинара «Вакуумная техника от помещений до статьи»

Содержание Семинара, включая лекции и практические работы

**Семинар очный, на территории Исполнителя.
Срок проведения Семинара 18-22 мая,
Время суммарно не менее 40 часов.**

День 1. Введение в вакуумные технологии и основы безопасности

Цели дня:

- освоить базовое понимание вакуумных технологий, их значимости и областей применения, а также выработать устойчивые навыки безопасного обращения с вакуумным оборудованием и работы в чистых помещениях;
- получить комплексное понимание конструкции, принципов работы и эксплуатации вакуумных систем, включая навыки измерений давления, диагностики неисправностей и обслуживания оборудования.

Теоретическая часть

Блок 1. Введение: зачем нужен вакуум и вакуумные технологии

- Фундаментальные принципы вакуума
- Ключевые преимущества вакуумных технологий

Блок 2. Области применения вакуума в промышленности и исследованиях

- Какие преимущества высокого вакуума в приборостроении
 - Микроэлектроника и полупроводники
 - Оптика и фотоника
-

- Материаловедение
- Медицина и биотехнологии
- Аэрокосмическая промышленность

Блок 3. Основы безопасности при работе с вакуумным и технологическим оборудованием

- Основные опасности
- Средства защиты
- План действий при аварийных ситуациях

Блок 4. Основы вакуумной техники

- Физические основы вакуума: определение, диапазоны давлений (низкий, средний, высокий, сверхвысокий вакуум)
- Типы вакуумных насосов, их характеристики и применение
- Элементы вакуумной системы
- Принципы откачки
- Измерение вакуума

Блок 5. Чистые и вакуумные помещения

- Зачем нужны чистые помещения
- Влияние загрязнений
- Классификация чистых помещений (ISO 1–9): требования к персоналу, одежде, материалам
- Поддержание чистоты: фильтрация воздуха, контроль частиц, антистатические меры
- Материалы для чистых помещений и вакуумных камер: разрешённые и запрещённые

Блок 6. Загрязнения объема вакуумных установок

- Влияние загрязнений на уровень вакуума и свойства покрытий
- Адсорбция и десорбция воды и других газов со стенок камеры.
- Органические загрязнения
- Неорганические загрязнения
- Методы очистки загрязнений
- Прогрев вакуумной камеры. Нагрев ускоряет процесс десорбции воды и других газов со стенок камеры.

Методы прогрева:

- внешние нагревательные ленты, инфракрасные лампы, термочехлы;
- прогрев всей камеры целиком / локальный прогрев.

Блок 7. Конструкция и компоненты вакуумных систем

- Основные элементы вакуумной системы
- Компоновка системы

Блок 8. Методы измерения вакуума

- Типы датчиков давления
- Калибровка и коррекция показаний
- Анализ остаточного газа

Блок 9. Диагностика и устранение неисправностей

- Типичные проблемы вакуумных систем
 - Методы поиска утечек
 - Устранение неисправностей
 - Мониторинг системы в реальном времени
-
-

День 2. Газовая система и ионный источник. Введение в вакуумные технологии и основы безопасности

Цели дня:

- сформировать комплексное понимание устройства, принципов работы и эксплуатации газовых систем вакуумных установок и ионных источников, включая навыки диагностики, обслуживания и оптимизации их работы;
- закрепить знания первого дня на практике.

Теоретическая часть

Блок 1. Газовые системы вакуумных установок

- Компоненты газовой системы
- Типы используемых газов и их применение
- Системы подготовки газа
- Безопасность при работе с газами

Блок 2. Ионные источники: принципы работы и применение

- Типы ионных источников
- Физические принципы работы
- Параметры ионного пучка
- Применение в вакуумных технологиях

Блок 3. Диагностика и обслуживание ионных источников

- Типичные неисправности
- Методы диагностики
- Обслуживание и ремонт
- Оптимизация работы

Практическая часть

Упражнение 1. Монтаж фланцевых соединений разных типов

- Сборка соединений ISO-K, ISO-F, CF, KF
- Подбор уплотнителей под конкретные условия работы
- Контроль дефектов уплотняемых поверхностей
- Затяжка болтов с контролем момента (использование динамометрического ключа)
- Визуальный контроль качества сборки

Знакомство с оборудованием и первичная проверка безопасности

- Осмотр вакуумной установки
- Подготовка к работе

Упражнение 2. Сборка и настройка вакуумной системы

- Подготовка компонентов
- Сборка системы
- Проверка клапанов, пневматики

Упражнение 3. Сборка и настройка газовой системы

- Подготовка компонентов
- Монтаж системы
- Настройка и проверка

Упражнение 4. Запуск и диагностика ионного источника

- Запуск предварительной откачки
 - Запуск высоковакуумной откачки
-

- Подготовка к запуску ИИ
- Запуск разряда
- Оптимизация

Упражнение 5. Обслуживание ионного источника и устранение неисправностей

- Демонтаж источника
- Чистка компонентов
- Юстировка системы
- Сборка и проверка

Упражнение 6. Моделирование аварийных ситуаций и отработка действий

Упражнение 7. Калибровка датчиков давления и анализ кривых откачки

- Калибровка датчиков
- Запись кривых откачки
- Анализ аномалий

Упражнение 8. Поиск и устранение утечек

- Подготовка к диагностике
- Поиск утечек
- Устранение проблем
- Проверка результата

Упражнение 9. Чистка вакуумной камеры и работа в чистом помещении

- Подготовка инструментов и материалов для чистки
- Пошаговая процедура очистки камеры
- Тренировка входа/выхода в чистое помещение
- Отработка правил обращения с материалами в чистом помещении

Упражнение 10. Обслуживание вакуумных насосов

День 3. Системы напыления. Магнетрон, резистивный и электронно-лучевой испаритель (ЭЛИ).

Реактивное распыление. Ионное ассистирование. Системы контроля покрытий.

Подготовка образцов и автоматизация вакуумных процессов

Цели дня:

- изучить механизмы распыления материалов и кинетику осаждения покрытий, научиться выбирать методы и параметры процесса для получения требуемых свойств покрытий;
- освоить технологии реактивного распыления и ионного ассистирования, научиться применять системы контроля покрытий для оптимизации процессов напыления.
- освоить методы подготовки образцов к напылению (химическая очистка, отжиг, обезгаживание) и изучить принципы автоматизации технологических процессов с интеграцией роботизированных систем в кластерные вакуумные установки.

Теоретическая часть

Блок 1. Магнетронные системы напыления

- Конструкция и компоненты
- Физические принципы
- Режимы работы
- Преимущества и ограничения

Блок 2. Резистивные испарители

- Типы испарителей
- Физические процессы
- Параметры процесса
- Преимущества и ограничения

Блок 3. Электронно-лучевые испарители (ЭЛИ)

- Конструкция ЭЛИ
- Физические процессы
- Режимы работы
- Преимущества и ограничения

Блок 4. Реактивное распыление: основы и применение

- Физические принципы
- Режимы работы
- Типичные проблемы
- Примеры применения

Блок 5. Ионное ассистирование: технологии и эффекты

- Принцип работы
- Эффекты ионного ассистирования
- Параметры оптимизации

Блок 6. Системы контроля покрытий: методы и интеграция

- In-situ методы
- Ex-situ методы
- Автоматизация процессов

Блок 7. Подготовка образцов перед напылением

- Химические методы очистки подложек
- Отжиг и подогрев подложек в вакууме
- Оценка качества подготовки

Блок 8. Автоматизация технологических процессов

- Роботизированные системы для вакуумных технологий
- Кластерные системы
- Системы управления

Блок 9. Интеграция и безопасность

- Безопасность автоматизированных систем
- Целесообразность применения

День 4-5.

Цели дней:

- закрепить навыки третьего дня, углубить технологические навыки нанесения различных покрытий

Практическая часть

Подготовка образцов

Упражнение 1. Интеграция систем контроля

- Калибровка приборов
- Автоматизированная оптимизация
- Верификация

Упражнение 2. Отжиг и обезгаживание в вакууме

- Настройка системы
-

- Процесс отжига
- Мониторинг

Упражнение 3. Настройка и эксплуатация магнетронной системы

- Подготовка оборудования
- Эксперимент
- Диагностика

Упражнение 4. Работа с резистивным испарителем

- Подготовка испарителя
- Процесс напыления
- Диагностика

Упражнение 5. Эксплуатация электронно-лучевого испарителя

- Настройка ЭЛИ
- Напыление
- Обслуживание

Упражнение 6. Наладка системы реактивного распыления

- Подготовка оборудования
- Эксперимент
- Диагностика

Упражнение 7. Ионное ассистирование при напылении

- Настройка ионного источника
- Процесс напыления
- Анализ результатов

Упражнение 8. Сравнительный анализ методов напыления

- Подготовка образцов
- Напыление одного материала тремя методами
- Диагностика покрытий
- Анализ результатов

Срок подготовки семинара 10-15 календарных дней

Условия оплаты: аванс 50%, 50% после поставки.

Стоимость подготовки и проведения Семинара на территории Исполнителя, включая НДС: 1 400 000,00 руб.

КП действует до 1.05.2026.
