

TL-20M

Промышленная установка
электроспиннинга для серийного производства

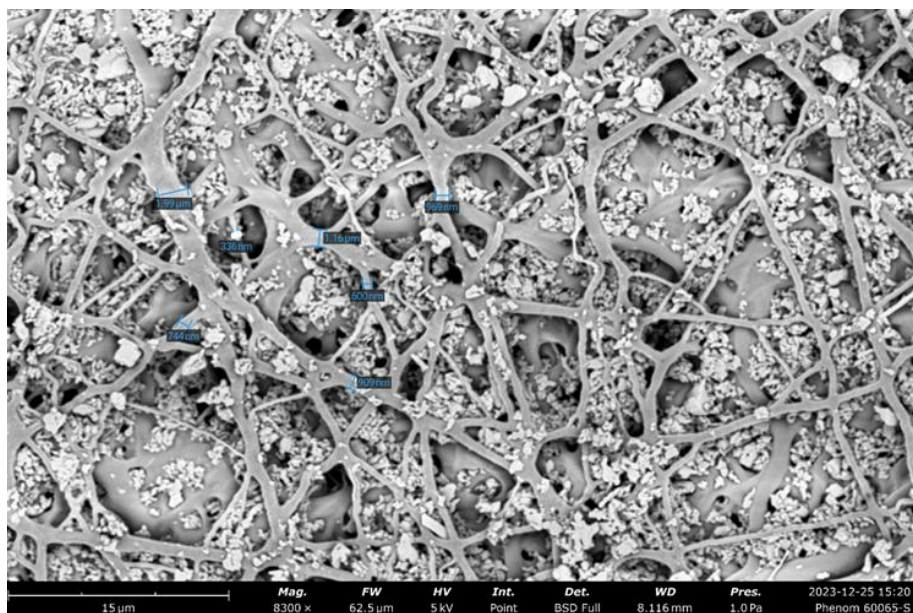


Установка TL-20M предназначена для производственного получения нановолоконных мембран методом электроформования, а также для выполнения процессов электроспрея. Оборудование поддерживает работу с многосопловыми игольчатыми и безыгольными фильерами, которые могут использоваться отдельно или в комбинированной конфигурации.

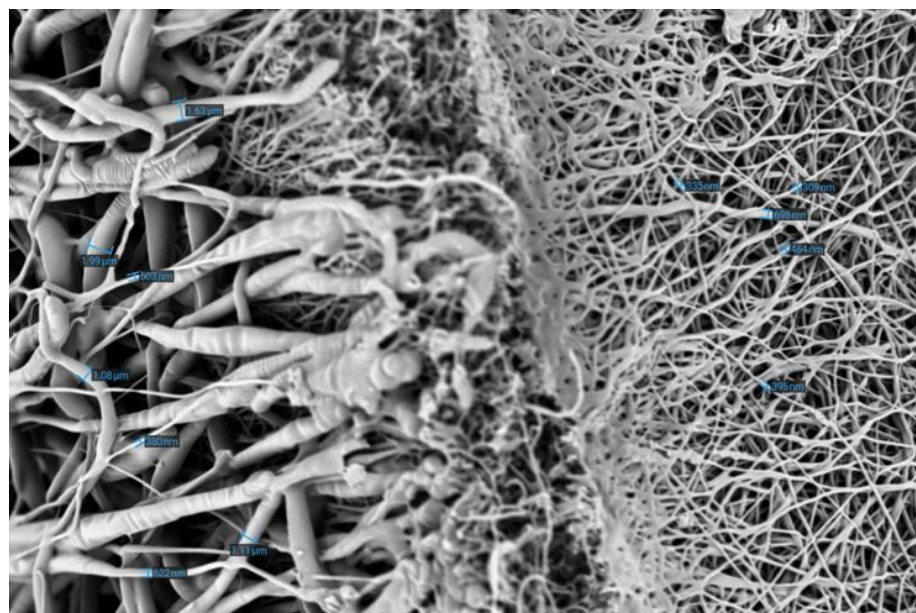


Конструкция и состав системы

Установка рассчитана на применение водных растворов и составов на основе органических растворителей. В зависимости от технологической задачи TL-20M может одновременно работать с четырьмя разными полимерными растворами, формировать многокомпонентные материалы и выполнять сочетанные процессы электроформования и электрораспыления.



Электроформование + электрораспыление



Две различные программы
электроформования полимеров

Производственная конфигурация включает 600 игл: четыре группы по 150 игл. Для получения мембран со структурой «ядро–оболочка» опционально устанавливается коаксиальная система на 64 пары сопел.

Прием материала выполняется на непрерывную стальную ленту шириной 500 мм. Коллектор обеспечивает равномерное распределение электрического поля и прямую намотку готовой нановолоконной мембраны без промежуточного переноса.

Максимальная производительность установки зависит от используемого раствора, количества активных сопел и параметров процесса. Расход каждого из четырех каналов подачи регулируется в диапазоне 0,1–99 мл/ч.

В состав TL-20M входят следующие основные узлы:

- закрытая рабочая камера;
- двойная высоковольтная система положительной и отрицательной полярности;
- многоканальная система подачи раствора;
- четыре группы перемещаемых фильер;
- сменные игольчатые и безыгольные фильеры;
- система автоматической очистки игл;
- двухкоординатная система перемещения фильер;
- непрерывный roll-to-roll коллектор;
- сенсорная система управления;
- система регистрации технологических параметров;
- два базовых осушителя для поддержания влажности около 30%;
- два вытяжных патрубка диаметром 120 мм;
- система аварийной защиты и заземления.

Основные технологические узлы размещены внутри изолированной рабочей камеры. Многогрупповая конструкция фильер позволяет одновременно использовать до четырех растворов и распределять материал по ширине приемной ленты.



Принцип работы

Полимерный раствор подается к фильерам многоканальной насосной системой. На фильере подается положительное или отрицательное высокое напряжение, а приемная стальная лента выполняет функцию коллектора.

Под действием электрического поля раствор вытягивается в тонкие струи. В процессе движения к коллектору растворитель испаряется, после чего сформированные волокна осаждаются на непрерывно движущуюся подложку.

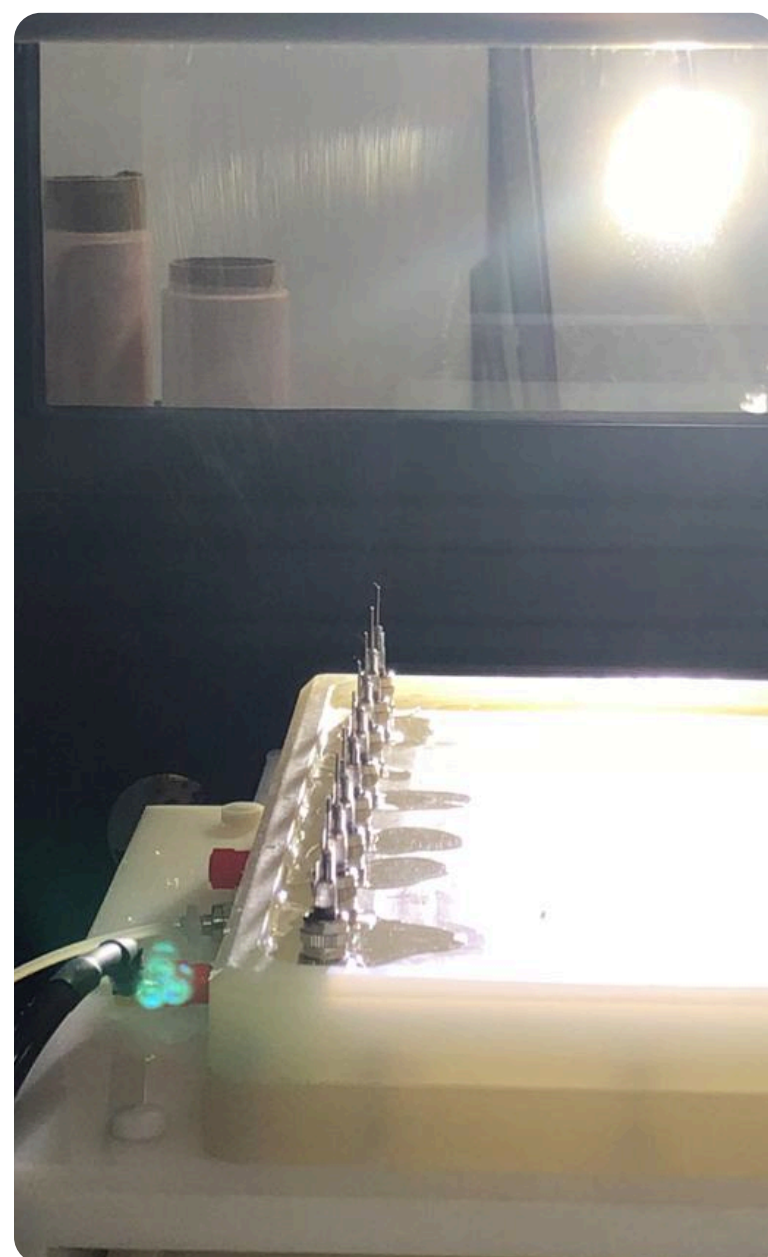
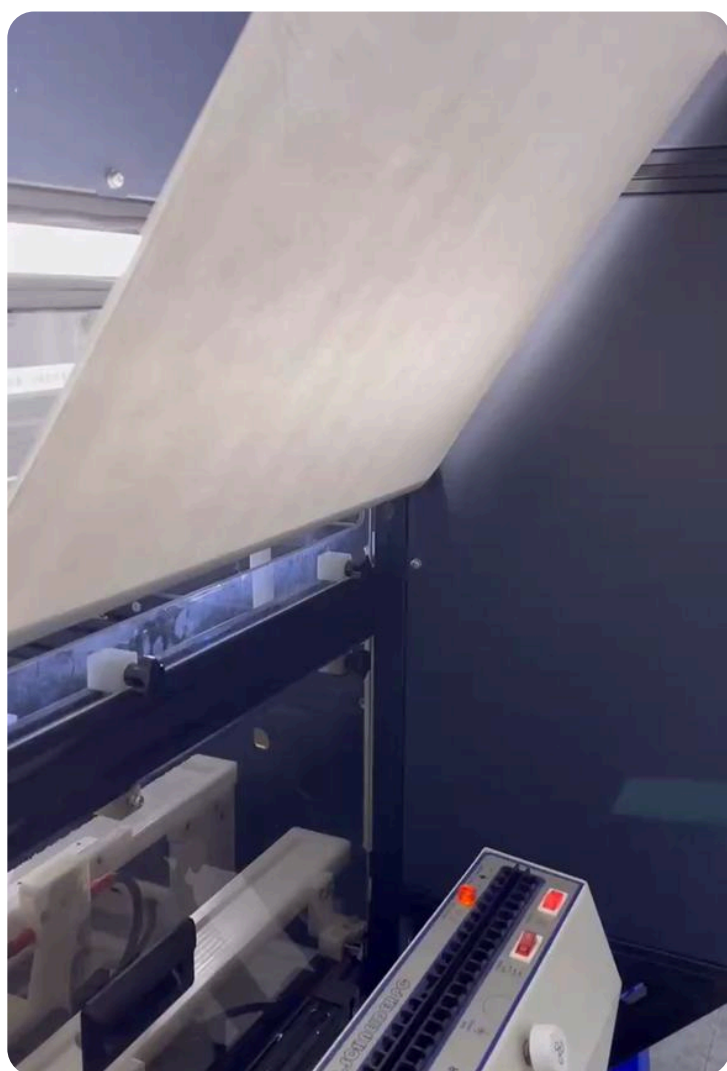
Четыре группы фильер совершают встречное возвратно-поступательное движение. Такое перемещение распределяет волокна по ширине полотна и позволяет получать мембраны с более равномерной толщиной.

Скорость подачи раствора, напряжение, расстояние между фильерой и коллектором, скорость перемещения фильер и скорость намотки задаются через сенсорный интерфейс.

Количество и расположение игл могут изменяться под конкретный процесс. Это позволяет корректировать плотность нанесения на отдельных участках и компенсировать уменьшение толщины мембраны по краям рабочего полотна.

Установка поддерживает:

- получение однослойных нановолоконных мембран;
- одновременное формование нескольких полимеров;
- нанесение нановолокон на нетканые подложки;
- сочетание электроформования и электроспрея;
- получение многокомпонентных материалов;
- производство коаксиальных волокон типа «ядро-оболочка»;
- непрерывное формование и намотку мембраны.



Система управления

TL-20M оснащена сенсорным экраном и физическими кнопками быстрого доступа. Через интерфейс оператор управляет высоковольтными источниками, системой подачи раствора, перемещением фильер и roll-to-roll коллектором.

Система управления обеспечивает:

- централизованную настройку рабочих параметров;
- раздельное управление положительным и отрицательным высоковольтными источниками;
- регулировку расхода каждого канала подачи;
- настройку скорости и амплитуды перемещения фильер;
- регулировку расстояния между фильерой и коллектором;
- настройку скорости перемещения приемной ленты;
- запись и экспорт технологических параметров;
- быстрое управление основными функциями через физические кнопки;
- отображение аварийных сообщений и контролируемых параметров.



ВЫСОКОВОЛЬТНАЯ СИСТЕМА

Установка оснащена двумя высоковольтными источниками — положительной и отрицательной полярности. Раздельное управление источниками позволяет формировать требуемую разность потенциалов и выбирать электрическую схему под используемые фильеры и материалы.

Параметры высоковольтной системы:

- положительное напряжение: 0–50 кВ;
- отрицательное напряжение: от 0 до –50 кВ;
- выходной ток: 0–3 мА;
- точность индикации: $\pm 0,05\%$ (при 25 °C и 45–75% RH);
- автоматическое отключение при токе свыше 3000 мкА;
- стабильность напряжения: $\leq 0,1\%/ч$; шаг задания: 0,1 кВ.

Система обеспечивает точное регулирование разности потенциалов между фильерой и коллектором. Предусмотрены защиты от короткого замыкания, дугового разряда и перегрева.



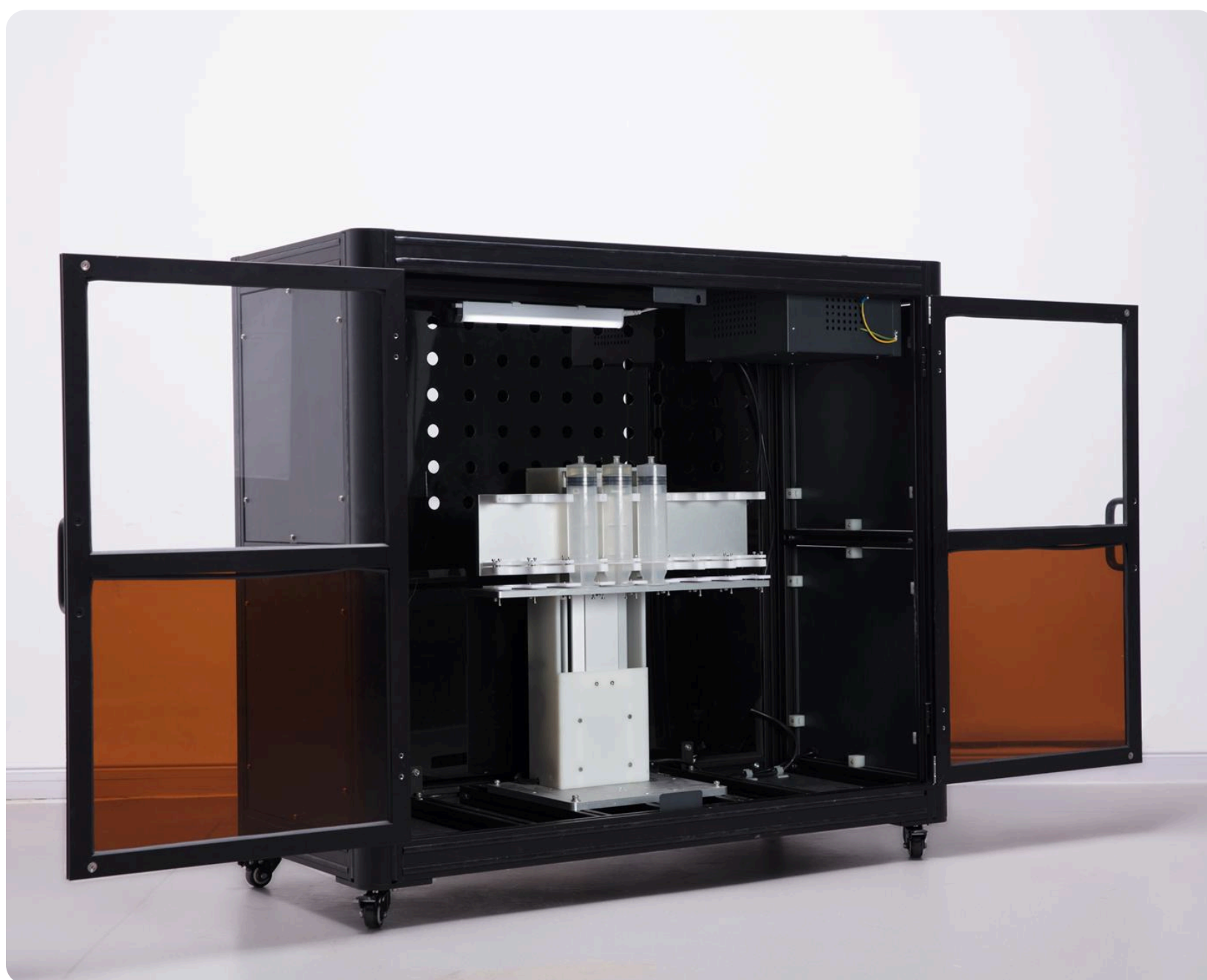
Система подачи раствора

Для подачи полимерных растворов используется многоканальный шприцевой насос производственного исполнения. Система обеспечивает стабильный расход и позволяет независимо дозировать разные растворы.

Основные особенности:

- 4 независимых канала, по 2 монтажные позиции на канал;
- 8 резервуаров объёмом ≥ 400 мл каждый; загрузка около 4 л;
- независимое управление; расход 0,1–99 мл/ч на канал;
- высокая толкающая сила;
- точное дозирование раствора;
- совместимость с водными и органическими растворителями;
- расширение до 8 каналов — опция;
- перистальтический насос для предварительной загрузки раствора.

Стабильная подача раствора снижает колебания электрического тока и помогает поддерживать постоянные условия формования в течение производственного цикла.



Многосопловая игольчатая система

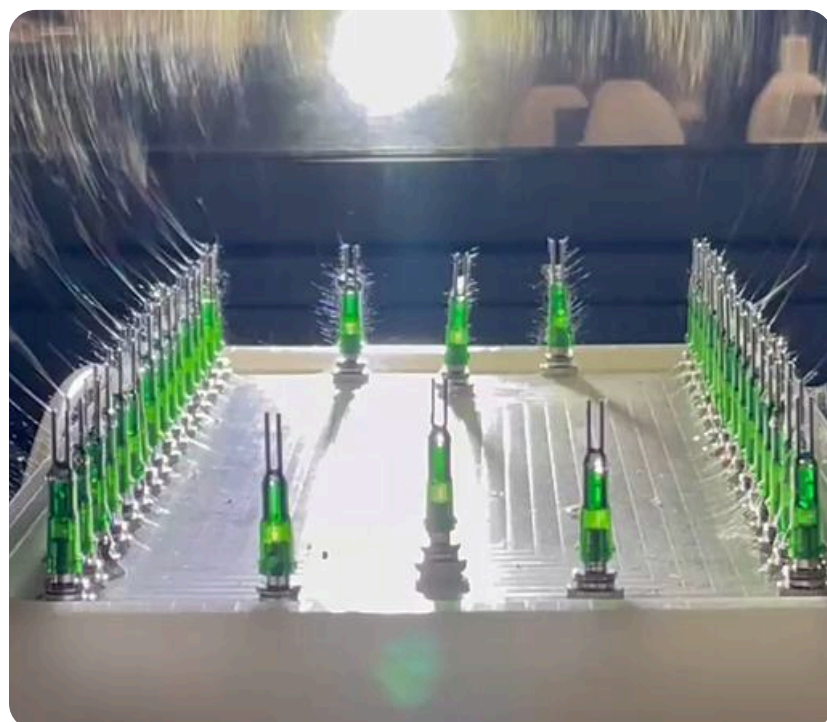
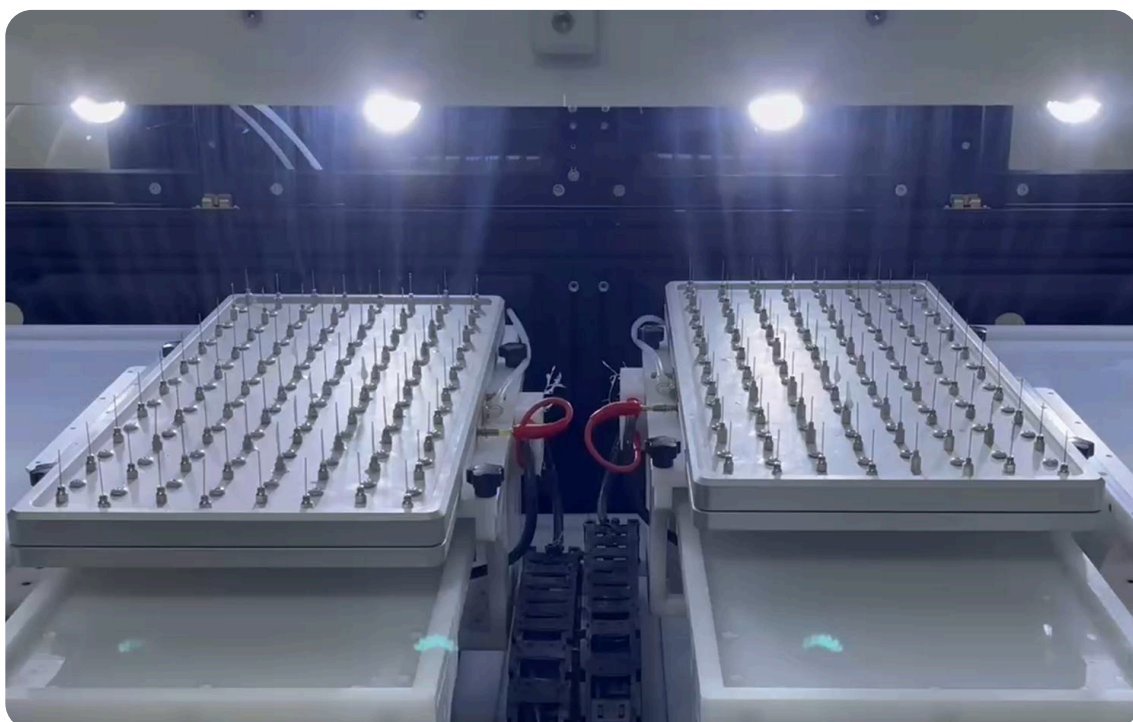
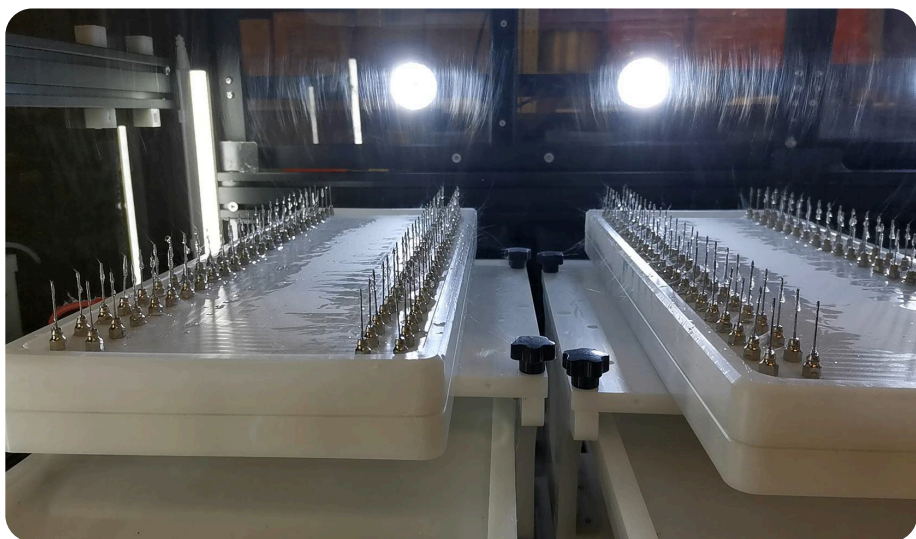
Основная производственная конфигурация TL-20M включает четыре группы многосопловых фильер. В каждой группе установлено 150 игл. Общее количество игл — 600.

Четыре группы могут одновременно подавать разные полимерные растворы. В процессе работы фильеры совершают встречное возвратно-поступательное движение, обеспечивая перекрытие зон нанесения.

Особенности системы:

- 600 игл в данной комплектации;
- четыре независимо организованные группы;
- 150 игл в каждой группе;
- одновременное использование до четырех растворов;
- изменение количества и расположения игл;
- регулировка плотности игольчатой матрицы;
- корректировка толщины мембраны по краям и на отдельных участках;
- совместимость с различными растворными системами.

Для конкретного процесса число активных игл выбирается с учетом расхода раствора, его электропроводности, вязкости и безопасной токовой нагрузки.



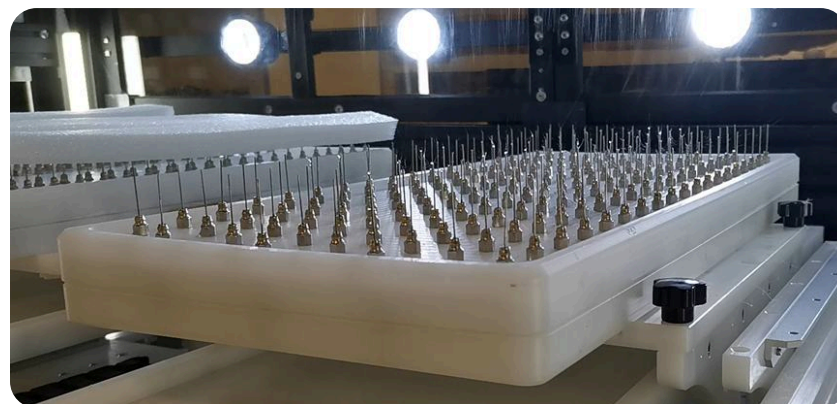
Система перемещения фильер

Перемещение фильер выполняется по осям Y и Z.

По оси Y фильеры совершают возвратно-поступательное движение вдоль ширины приемного полотна. Четыре группы перемещаются во встречных направлениях, распределяя волокна по рабочей зоне. По оси Z регулируется расстояние между фильерой и коллектором. Настройка выполняется через сенсорный экран.

Параметры:

- система перемещения: Y–Z;
- ход по оси Y: 0–280 мм;
- ось X: непрерывное движение подложки;
- расстояние формования: 100–300 мм;
- настройка по оси Z: через сенсорный экран.



Безыгольные фильеры

TL-20M поддерживает сменные безыгольные фильеры линейного, круглого и другого исполнения. Игольчатые и безыгольные системы могут свободно заменяться или комбинироваться в пределах конфигурации установки.

ЛИНЕЙНАЯ БЕЗЫГОЛЬНАЯ ФИЛЬЕРА

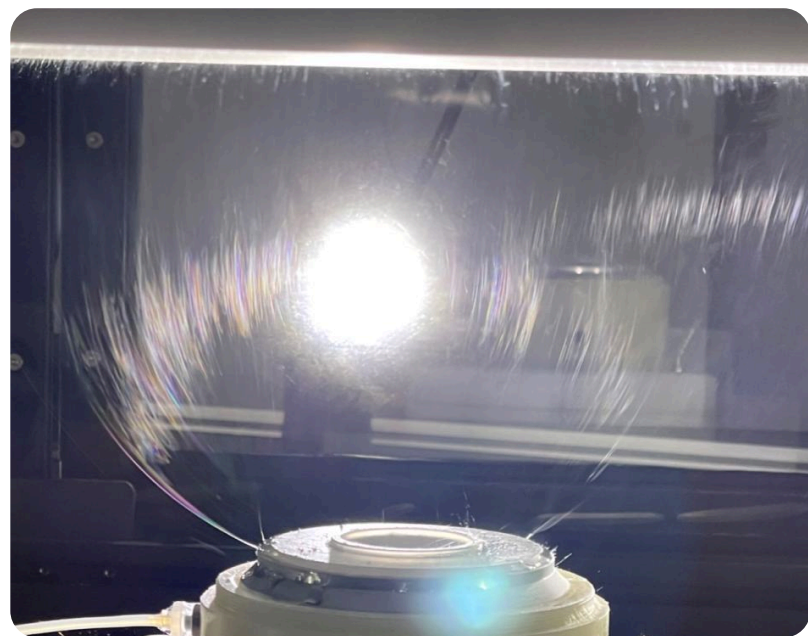
Линейная фильера формирует концентрированное электрическое поле вдоль узкой щели. Раствор поступает в рабочую зону фильеры и вытягивается с ее поверхности под действием высокого напряжения.

Особенности:

- высокая производительность;
- простая очистка;
- отсутствие большого количества сменных игл;
- небольшой расход вспомогательных материалов;
- совместимость с растворителями умеренной летучести;
- возможность работы с различными полимерными системами.



КРУГЛАЯ БЕЗЫГОЛЬНАЯ ФИЛЬЕРА



Круглая фильера создает локальные максимумы электрического поля за счет сочетания отверстий и щелевых элементов.

Особенности:

- высокая производительность;
- равномерное образование струй;
- простое техническое обслуживание;
- низкий расход сменных компонентов;
- совместимость с различными растворными системами.

Форма и размеры безыгольной фильеры могут быть адаптированы под технологическую задачу.



Коаксиальная фильера

Опциональная коаксиальная система включает 64 пары сопел и предназначена для производственного получения волокон типа «ядро-оболочка».

Внутренний и внешний растворы подаются по отдельным каналам. Микронасосы обеспечивают точное дозирование обоих компонентов и поддерживают стабильность коаксиальной струи.

Особенности:

- 64 комплекта коаксиальных сопел;
- сменные внутренние и внешние иглы;
- высокая соосность каналов;
- раздельная подача внутреннего и внешнего растворов;
- точное регулирование расходов;
- высокая производительность;
- упрощенная очистка.



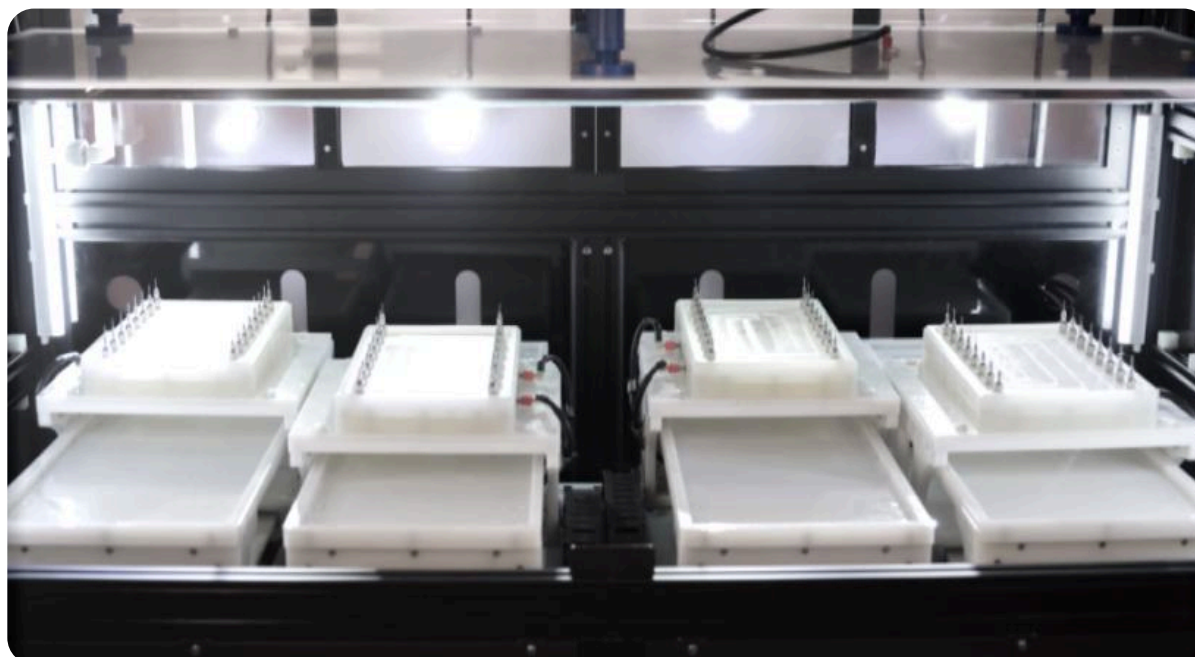
Система автоматической очистки игл

TL-20M оснащается системой автоматической очистки игл непосредственно во время работы. Очистка удаляет подсохший раствор и отложения с концов игл, снижая вероятность нарушения струеобразования. Остановка процесса для выполнения очистки не требуется.

При необходимости иглы могут заменяться отдельно. Система очистки оснащена сменными щётками; частота и скорость очистки регулируются через сенсорный экран.

Особенности:

- очистка в режиме онлайн;
- регулируемая периодичность;
- сменные очищающие щётки;
- снижение риска закупоривания игл;
- повышение стабильности непрерывного процесса;
- уменьшение объема ручного обслуживания.



Roll-to-roll коллектор

Прием материала выполняется на непрерывную стальную ленту. Сталь используется как отрицательный электрод и обеспечивает равномерное распределение электрического поля по рабочей ширине. Сформированная мембрана наматывается непосредственно на приемный рулон без дополнительного переноса между поверхностями.



Параметры коллектора:

- тип: непрерывный roll-to-roll;
- рабочая ширина: 500 мм (600 мм — опция);
- сбор подложки фиксированной длины: 2,75 м;
- подложки: нетканый материал, хлопок, бумага;
- скорость сбора: 0–5000 мм/мин;
- минимальная скорость: 0,1 мм/с;
- приемная поверхность: нержавеющая сталь.

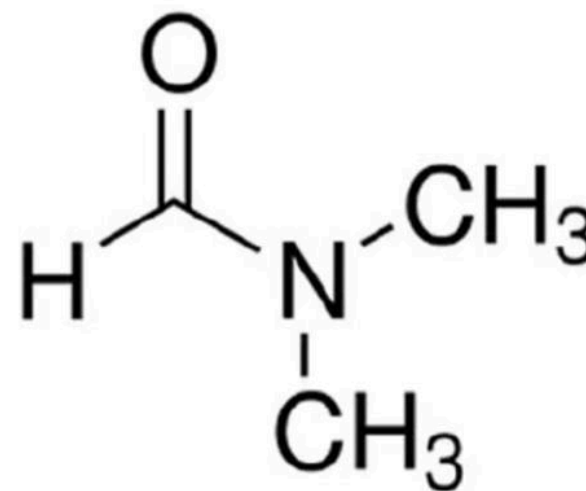
Коллектор может использоваться для нанесения нановолокон как непосредственно на металлическую ленту, так и на размещенную на ней нетканую или другую рулонную подложку.

Работа с различными полимерами и растворителями

TL-20M допускает одновременную работу с четырьмя полимерными растворами. Это позволяет получать многослойные и многокомпонентные мембраны, а также объединять электроформование с электроспреем.

Оборудование может работать с водными системами и органическими растворителями. Производителем указана совместимость со следующими веществами:

- диметилформамид — DMF;
- диметилсульфоксид — DMSO;
- N-метил-2-пирролидон — NMP;
- хлороформ — CHCl_3 ;
- тетрагидрофуран — THF;
- хлорбензол — $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$;
- толуол — $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$;
- дихлорметан — CH_2Cl_2 ;
- гексафторизопропанол — HFIP;
- ацетон — CH_3COCH_3 ;
- вода.



Конкретный растворитель должен обеспечивать полное растворение полимера, подходящую вязкость и требуемую скорость испарения. Выбор состава выполняется с учетом токсичности, воспламеняемости и требований к вентиляции производственного помещения.



Система контроля влажности



В стандартную комплектацию TL-20M входят два базовых осушителя для поддержания влажности внутри камеры около 30%. Контроль влажности используется для стабилизации испарения растворителя, формирования струй и структуры получаемых волокон.

Для более строгого контроля предусмотрены профессиональные осушители и увлажнители; они поставляются опционально и в стандартную комплектацию не входят.

Система безопасности

TL-20M оснащена комплексом защиты оператора и оборудования при работе с высоким напряжением и растворителями.

В систему входят:

- автоматическая защита высоковольтных источников;
- защита от перенапряжения;
- защита от перегрузки по току;
- автоматическое отключение при превышении установленных параметров;
- защита от короткого замыкания и дугового разряда;
- температурная защита;
- независимое управление двумя высоковольтными источниками;
- программируемое постепенное изменение напряжения;
- два вытяжных патрубка диаметром 120 мм;
- система защитного заземления.

Количество одновременно используемых игл и расход раствора должны выбираться с учетом допустимого выходного тока высоковольтной системы.



Таблица технических характеристик

Таблица 1. Общие характеристики, высоковольтная система и подача раствора TL-20M

Параметр	Значение
Производитель	Tong Li Tech Co Limited
Модель	TL-20M
Тип оборудования	Промышленная установка электроформования
Поддерживаемые процессы	Электроформование / электроспрей
Количество одновременно используемых полимерных растворов	До 4
Количество игл	600 (4 группы по 150)
Расход раствора на один канал	0,1–99 мл/ч
Рабочая ширина коллектора	500 мм; 600 мм — опция
Габариты основной установки	2500 × 900 × 1860 мм
Масса / общая мощность	900 кг / 3 кВт; однофазное питание

Высоковольтная система	
Высоковольтная система	Двойная, положительной и отрицательной полярности
Положительное напряжение	0–50 кВ
Отрицательное напряжение	От 0 до –50 кВ
Выходной ток	0–3 мА
Точность индикации	±0,05% (при 25 °С и 45–75% RH)
Ток автоматического отключения	Свыше 3000 мкА
Стабильность / шаг задания напряжения	≤0,1%/ч / 0,1 кВ

Система подачи раствора	
Тип насоса	Многоканальный шприцевой
Количество каналов / объем / загрузка	4 × 2 позиции / ≥400 мл / около 4 л; 8 каналов — опция



Смотреть видео

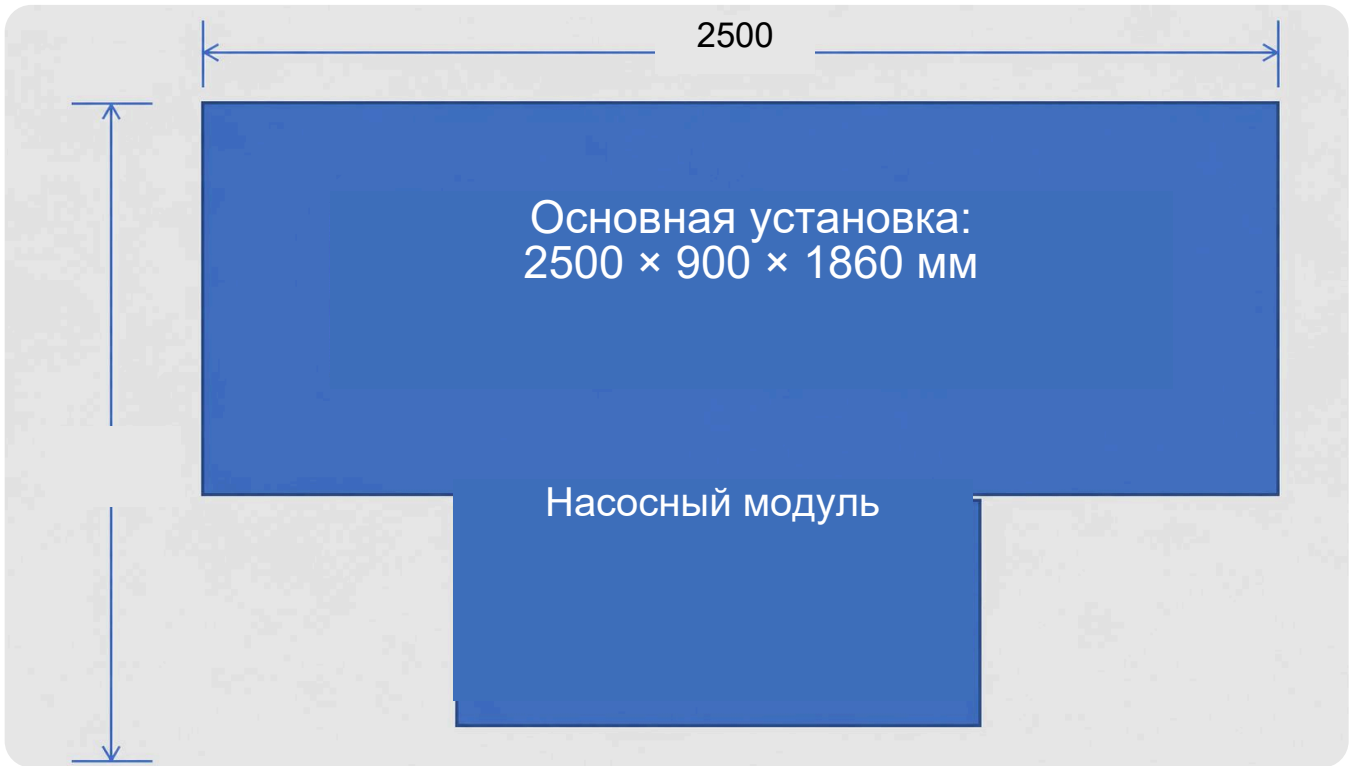


Таблица технических характеристик

Таблица 2. Фильеры, система перемещения и коллектор TL-20M

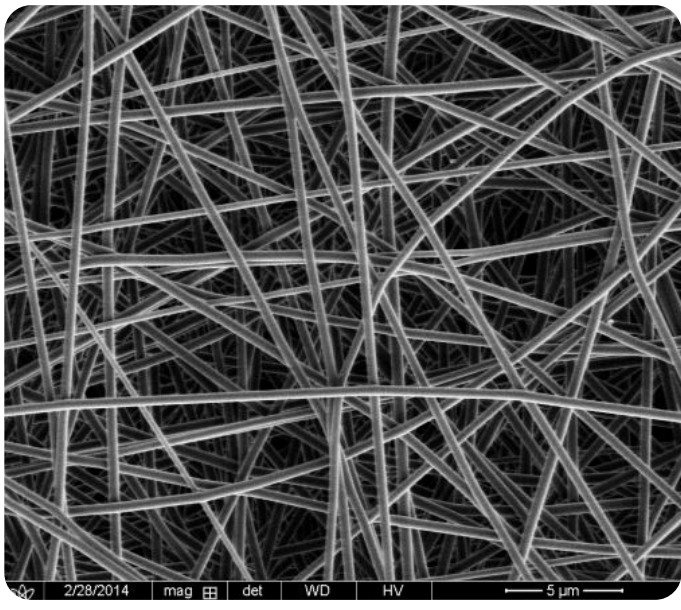
Параметр	Значение
Количество групп фильер	4
Количество игл в группе	150
Количество игл в комплектации	600
Коаксиальная фильера	64 пары сопел, опция
Система перемещения	X — подложка; Y-Z — фильеры
Ход по оси Y	0–280 мм
Длина зоны формования	Около 1,6 м
Регулируемое расстояние формования	100–300 мм
Тип коллектора	Непрерывный roll-to-roll
Материал приемной ленты	Нержавеющая сталь
Рабочая ширина коллектора	500 мм; 600 мм — опция
Сбор подложки фиксированной длины	2,75 м
Скорость сбора	0–5000 мм/мин; минимальная — 0,1 мм/с
Контроль влажности	2 базовых осушителя, около 30%; проф. системы — опция



Высококачественное нановолокно



Нановолокно на нетканом материале



СЭМ-изображение нановолокна

