

# АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



## В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

ПРОМЫШЛЕННАЯ 3D ПЕЧАТЬ  
Пример установок серии **HPRS**





## ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

**Песчаные формы**



**Внутренние стержни**



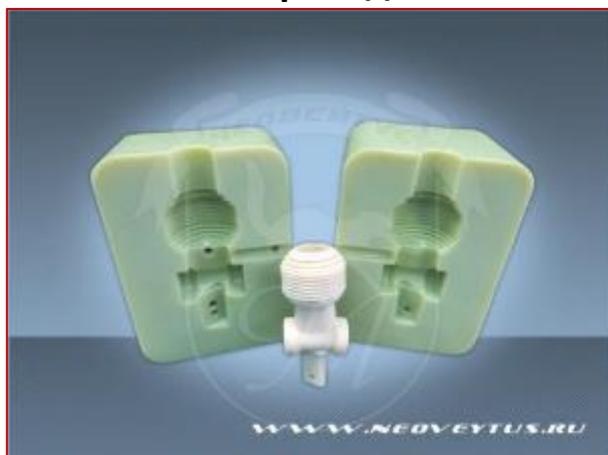
**Выжигаемые модели**



**Модельная оснастка**



**Мастер модели**



## ОПИСАНИЕ УСТАНОВОК

Установки серии **HPRS** производства компании **Wuhan Binhu Mechanical & Electrical Co. Ltd** являются универсальным оборудованием, которое позволяет оптимизировать различные направления литейного производства за счет смены материала.

В комплексах **HPRS** используются генераторы лазера CO<sub>2</sub> Coherent Diamond производства Соединенных Штатов Америки, со сроком службы не менее 30 000 рабочих часов. Производитель поставляет системы водяного охлаждения лазера мощностью 0,6Р с закрытой системой рециркуляции 50 л/мин. Оптические системы позиционирования лазерного луча VarioSCAN GSI или Scanlab позволяют достигать высоких показателей по точности и повторяемости процесса построения.



HPRS-IV / V / VI

В отличие от технологий *VJ (Binder Jetting)* или Разбрызгивания связующего вещества, установки **HPRS** не требуют дорогостоящего обслуживания и замены печатающего модуля в связи с засорением сопел, подающих связующее вещество.

Система подачи материала с разравнивающим ракелем посередине позволяет ускорить процесс нанесения (*формирования*) слоя, затрачивая на каждый не более 8 секунд. Система нагрева зоны построения позволяет уменьшить температурную разницу между слоями, снижая вероятность коробления, а также позволяя восстанавливать процесс построения после вынужденного отключения остановки.

Программное обеспечение **Power RP** является уникальной запатентованной разработкой компании, позволяющей:

- ✓ Напрямую работать с CAD / STL данными;
- ✓ Разделять 3D модели на слои (сечения);
- ✓ Контролировать и визуализировать процесс построения.

**Wuhan Binhu** гарантирует пожизненное бесплатное обновление программного обеспечения.



HPRS-IIA / IV

В установках используется промышленный компьютер производства Тайвань, работающий на операционной системе Windows 2000, с процессором Intel Dual Core; объемом жесткого диска – 500Гб; Оперативной памятью – 2Гб; монитором 17”;

В оборудовании используются автоматические протоколы безопасности, останавливающие процесс построения в случае возникновения неисправностей. Система может работать автономно без присутствия оператора (*в ночные смены*).

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Модель		HRPS-IIA	HRPS-IV	HRPS-V	HRPS-VI	HRPS-VII
Размеры рабочей зоны	мм	320 x 320 x 450	500 x 500 x 400	1000 x 1000 x 600	1200 x 1200 x 600	1400 x 700 x 500
Мощность лазера	Вт	30	55	100		2 x 100
Скорость построения*	см <sup>3</sup> /ч	80-120		600-1100		1200-2200
Скорость сканирования	м/с	4	5	8		14 (7 x 2)
Толщина слоя	мкм	80-300				
Минимальная толщина стенки	мм	Полистирол - 1; Песок - 3				
Диаметр фокуса луча	мкм	<400				
Повторяемость позиционирования лазера	мкм	<20				
Точность на детали	%/мм	±0,1% / 200				
<b>Общие параметры</b>						
Габариты (Д x Ш x В)	м	1610 x 1020 x 2050	1920 x 1220 x 2080	2150 x 2170 x 3100	2350 x 2390 x 3400	2520 x 1790 x 2780
Электропитание	В, Гц, А	380, 50, 40				
Температура внешней среды	С°	15-25				
Влажность внешней среды	%	<60				

## ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В стандартной комплектации установки серии **HPRS** поставляются для решения конкретных задач на литейном производстве **под ключ** с комплектом дополнительного оборудования:

- ✓ Водяная система охлаждения лазера
- ✓ Конвекционный шкаф
- ✓ Ванна для инфильтрации воском
- ✓ Рабочее место
- ✓ Промышленный пылесос
- ✓ Просеивающая станция
- ✓ Установка загрузки материала
- ✓ Лебедочный лифт
- ✓ Ручной погрузчик
- ✓ Лестница

\* Скорость построения зависит от рабочего материала, геометрии изделия, толщины слоя.

## ПЕСЧАНО-ПОЛИМЕРНЫЕ ФОРМЫ

Промышленные 3D принтеры **HPRS** являются уникальным производственным решением для оптимизации литейного производства на промышленных предприятиях.



**ПРЕИМУЩЕСТВА** создания песчано-полимерных форм и внутренних стержней на установках **HPRS**:

- ✓ **Расширение возможностей литья** – создание песчано-полимерных форм и стержней любой сложности конфигурации с поднутрениями, без уклонов непосредственно по CAD данным. Для управления кристаллизацией структуры металла, в форме могут быть спроектированы полости для установки металлических пластин или холодильников.
- ✓ **Экономия времени** – сокращение цикла конструкторской и технологической подготовки производства металлических отливок до 3-10 раз благодаря отсутствию этапов, связанных с разработкой, изготовлением и доработкой модельной оснастки. 3D модель создается непосредственно с назначенными припусками на механическую обработку, заложенными литниково-питающими и газоотводными каналами и рассчитанным коэффициентом усадки металла;
- ✓ **Экономическая выгода** – уменьшение съема дорогостоящего материала на этапах механической обработки отливок, получая более высокое качество отливок: минимальный 5-6 класс размерной точности; минимальное значение шероховатости для степени точности поверхности отливок 8-10 (Ra 10-16 мкм). Весь не отвержденный кварцевый песок может проходить процедуру просеивания и повторно использовать в производственном цикле послойной печати.

### Характеристики кварцевого песка после процедуры термообработки (отжига)

Предел прочности на разрыв	6,5 МПа
Газопроницаемость	14,7 мг/г

Песчаные формы можно проектировать как с помощью инвертирования 3D модели в графическом редакторе, так и прямому программированию. Вносить корректировки в структуру формы необходимо основываясь

на ее физических и механических характеристик. Возможно дополнительно использовать стандартные программы для моделирования литейных процессов.

Габариты деталей, изготавливаемых на установках **HPRS**, НЕ ограничиваются размерами рабочей зоны. Песчаные формы разбиваются на составные части в CAD редакторе, а затем соединяются с помощью эпоксидного клея. Для экономии материала возможно создавать тонкостенные формы, которые затем помещаются в опоку. В песчаные формы, произведенные на установках серии **HPRS** уже успешно проходило литье алюминия, магния, стали и чугуна.



## ВЫЖИГАЕМЫЕ МОДЕЛИ

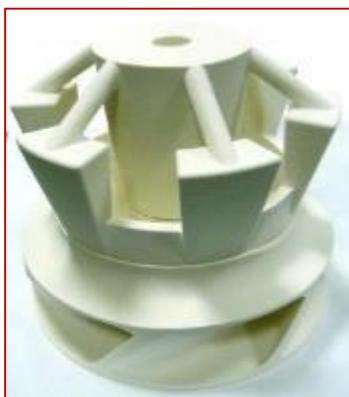
Литье по выжигаемым моделям в керамические формы относится к категории **точного литья** и применяется для получения сложных по форме отливок с высоким классом чистоты поверхности и размерной точностью. Данная технология используется при производстве ответственных деталей в секторах авиа- и ракетостроения.



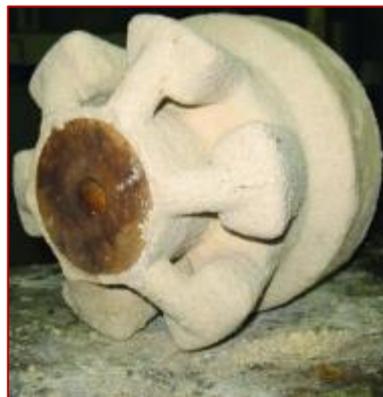
Полистирольная модель      Алюминиевая отливка

**ПРЕИМУЩЕСТВА** создания выжигаемых моделей на установках **HPRS**:

- ✓ **Расширение конструктивных возможностей** – создание выжигаемых моделей с любой геометрией сложности. Габариты деталей, получаемых на установке **HPRS**, НЕ ограничиваются размерами рабочей зоны. Модели из полистирола могут разбиваться на составные части, с предварительным программированием пазов и стыков, и склеиваться с помощью воска или парафина;
- ✓ **Оптимизация подготовки производства** – сокращение цикла конструкторской и технологической подготовки производства металлических отливок до 2-5 раз благодаря отсутствию этапов, связанных с разработкой, изготовлением и доработкой конструкции матриц и пресс форм. 3D модель создается непосредственно с назначенными припусками на механическую обработку, заложенными литниково-питающими и газоотводными каналами и рассчитанным коэффициентом усадки металла;
- ✓ **Финансовая выгода** – снижение стоимости производства деталей за счет уменьшения съема металла при механической обработке полученных отливок, максимально близких по габаритам к конечным изделиям.



Полистирольная модель



Керамическая оболочка



Металлическая отливка

## Сравнение технологии литья по Выжигаемым и Выплавленным моделям

Параметр	Выжигаемые модели	Выплавленные модели
<b>Создание модели</b>	Получение <b>выжигаемой</b> модели из порошкового полистирола  <b>Технология</b> 1. 3D печать изделия по STL файлу ( <b>экономия времени</b> ); 2. Процесс инфильтрации воском.  Литниково-питающая система и газоотводные каналы программируются в CAD редакторе и создаются на принтере	Получение <b>выплавленной</b> модели (Парафин / Воск)  <b>Технология</b> 1. Получение мастер модели; 2. Создание и обработка конструкции матрицы / пресс-формы); 3. Литье “восковок”.  Прикрепление в литниково-питающей системе
<b>Нанесение огнеупорной оболочки</b>	Прочные изделия с высокой четкостью кромок <b>НЕ подвержены деформации</b> при облицовывании	Мягкий модельный состав деформируется при нанесении керамической оболочки
<b>Время сушки слоев</b>	Стандартно	
<b>Удаление модельного состава</b>	1. Выжигание модели в промышленной печи 3-5 часов (смена температуры 400°-700°С); 2. Удаление продуктов горения сжатым воздухом.	1. Вытапливание восковой модели в горячей воде; 2. Прокаливание формы в промышленной печи (900°С).
<b>Пролив металла</b>	Стандартно	
<b>Разрушение оболочки</b>	Стандартно	

Основное **ПРЕИМУЩЕСТВО** создания выжигаемых моделей из полистирола по технологии SLS на установках **HPRS** перед другими технологиями 3D печати заключается в низкой вероятности образования золы. Даже при выжигании моделей со сложной геометрией уровень зольности находится на уровне менее 0,1%. Технологическим решением, разработанным компанией

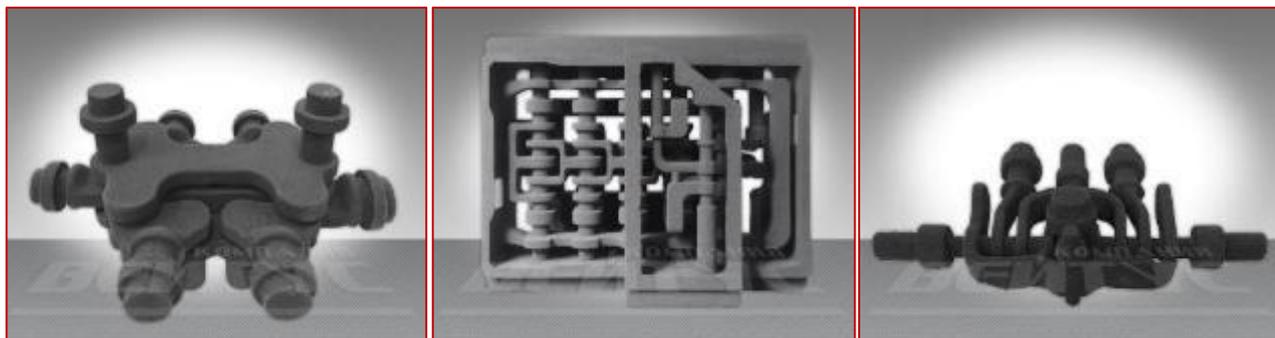


*Модель, наполовину инфильтрированная расплавленным воском*

**Wuhan Binhu** является инфильтрация изделий модельным воском. Напечатанная на 3D принтере полистирольная модель имеет пористую структуру, поэтому расплавленный воск легко заполняет все микропустоты в изделии. Во время процесса выжигания восковый инфильтрат плавится раньше полистирола при температуре около 400°С и, когда последний приобретает текучесть, способствует его облегченному удалению из формы, уменьшая массу “выжигаемой части” модели.

## ВНУТРЕННИЕ ПЕСЧАНЫЕ СТЕРЖНИ

Установки серии **HPRS** могут оптимизировать процесс литья в **кокиль** за счет создания внутренних песчаных стержней высокой сложности конфигурации, позволяя получать высокоточные внутренние полости и избегая трудоемкого этапа механической обработки.



## МОДЕЛЬНАЯ ОСНАТКА ДЛЯ ФОРМОВКИ ПГС И ХТС



Изготовление и отработка конструкции модельной оснастки для формирования песчано-глинистых форм и холодно-твердеющих смесей является трудо- и времязатратным процессом. Системы **HPRS** позволяют заменить участки с фрезерными станками с ЧПУ на один промышленный 3D принтер, не отказываясь от налаженной системы литья и существенно **экономя время** при освоении технологии производства новых отливок.

Установки **HPRS** позволяют создавать крупногабаритную цельную оснастку диаметром до 1,9 метра. При необходимости в CAD моделях могут заранее программироваться пазы и стыки для соединения составных частей более крупной оснастки, которые дополнительно скрепляются с помощью эпоксидного клея.



Модельная оснастка, созданная на 3D принтерах по технологии SLS, обладает высокой стойкостью. Производитель рекомендует покрывать поверхность модели эпоксидной смолой для достижения физико-механических свойств, указанных в таблице. Для увеличения срока службы и экономии расходного материала создается полая оснастка, которая впоследствии заливается эпоксидной смолой, упрочняющей изделие изнутри.

### Характеристики изделий из полистирола после покрытия эпоксидной смолой

Предел прочности на разрыв	25,2 МПа
Относительное удлинение	4,3%
Модуль растяжения	325,7 МПа
Ударная прочность	3,4 МПа

## МАСТЕР МОДЕЛИ



Установки серии **HPRS** могут быть использованы в технологическом процессе производства моделей из литейного воска или парафина. Трудоемким этапом является создание оснастки или разборной пресс формы для формирования “восковок”. Промышленные 3D принтеры позволяют оптимизировать данный процесс сохраняя все преимущества технологии литья по выплавляемым моделям.

На установках серии **HPRS** создаются мастер-модели из полистирола, которые служат для формирования эластичной, чаще всего силиконовой формы, в которую в последствии будет заливаться модельный воск для получения “восковки”. Силиконовая форма выдерживает в среднем от 50 до 100 циклов заливки. Промышленные 3D принтеры позволяют значительно экономить время при разработке конструкции оснастки и последующем выпуске “восковок”. Возможность быстрой оптимизации конструкции мастер модели является преимуществом 3D печати, позволяющей адаптировать форму восковой модели при изменении припусков на усадку металла и последующую механическую обработку.

Эластичные формы также могут использоваться для литья полиуретановых смол в вакууме.



## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

### 1-ый этап – Подготовительный

- ✓ **Создание CAD модели** (с учетом литниково-питающих систем, газоотводных каналов, припусков на усадку металла и механическую обработку, разбивки крупной модели на составные части, запрограммированными пазами, стыками и т.д.);
- ✓ **Оптимизация платформы построения** (для обеспечения максимально эффективного использования цикла печати необходимо расположить модели, задействуя всю площадь построения и уменьшая количество не отвержденного материала);
- ✓ **Создание STL файла** (3D модель загружается в управляющей компьютер установки);
- ✓ **Загрузка материала в установки** (в HPRS V-VII материал подается с помощью автоматической системы, в HPRS IIA-IV – загружается в питающий бункер).

### 2-ой этап – 3D печать

- ✓ **Послойная печать** (происходит автоматически; не требуется постоянное присутствие оператора рядом с установкой, параметры построения выводятся на монитор / трехмерная визуализация печати; в случае сбоя в работе, предустановленные защитный протоколы автоматически отключат установку; система нагрева слоя позволяет возобновить процесс построения);
- ✓ **Разгрузка изделия** (изделие, расположенное на столе для построения, выгружается из установок HPRS V-VII с помощью ручного погрузчика).

### 3-ий этап – Постобработка изделий

- ✓ **Очистка модели** (не отвержденный материал удаляется на специальном рабочем месте с пылесборником);
- ✓ **Постобработка в зависимости от целей использования:**
  - Термообработка в конвекционном шкафу (песчаные формы и стержни);
  - Инфильтрация воском (полистирольные моделям);
  - Пескоструйная обработка (уменьшение поверхностной шероховатости для создания пресс-форм или мастер моделей для получения “восковок”);
  - Покрытие / Заливка эпоксидной смолой (мастер модели для формовки ПГС и ХТС);
  - Покрытие противопригарными красками (песчаные формы и стержни).

### 4-ый этап – Подготовка для повторной 3D печати

- ✓ **Восстановление материала** (просеивание не отвержденного материала для повторного использования в производственном цикле);
- ✓ **Очистка установки** (среднее время подготовки установки для работы с другим материалом составляет около 4 часов).

## ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСОВ HPRS V-VII

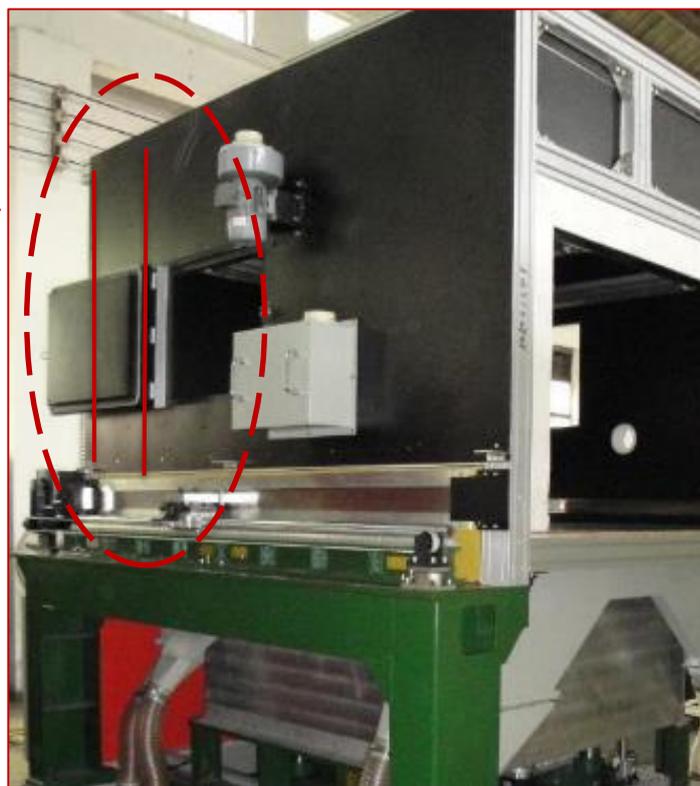
Системы **HPRS V-VII** являются промышленными 3D принтерами с габаритами рабочих зон от 1000 x 1000 x 600 мм до 1400 x 1400 x 500 мм.



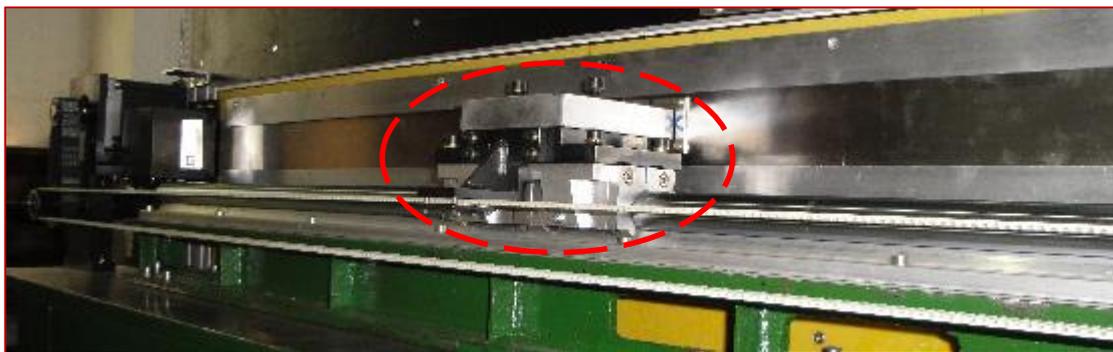
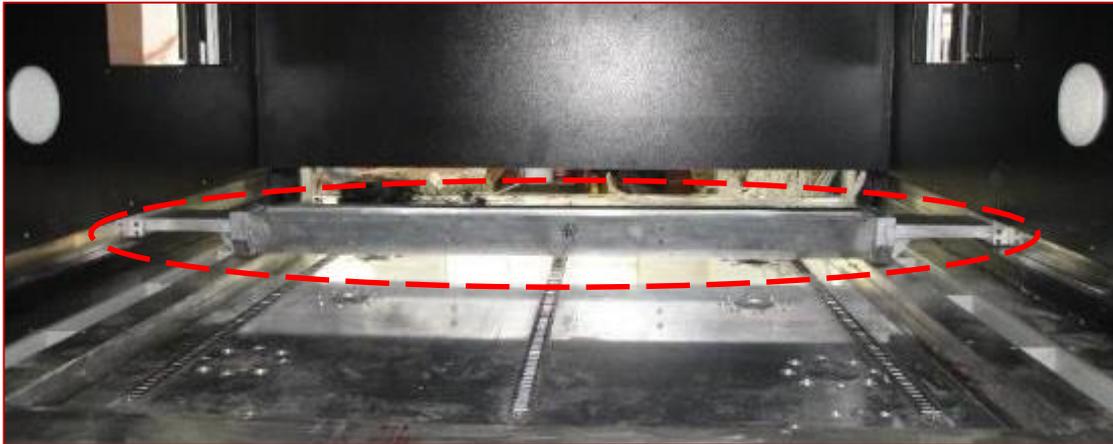
Объем рабочей зоны определяется как соотношения габаритных размеров платформы построения (по осям X и Y) и длины хода платформа по оси Z

Максимальная вместимость (рабочих зон) установок составляет от 700 кг. до 1200 кг. Требуется единовременная загрузка большого объема материала.

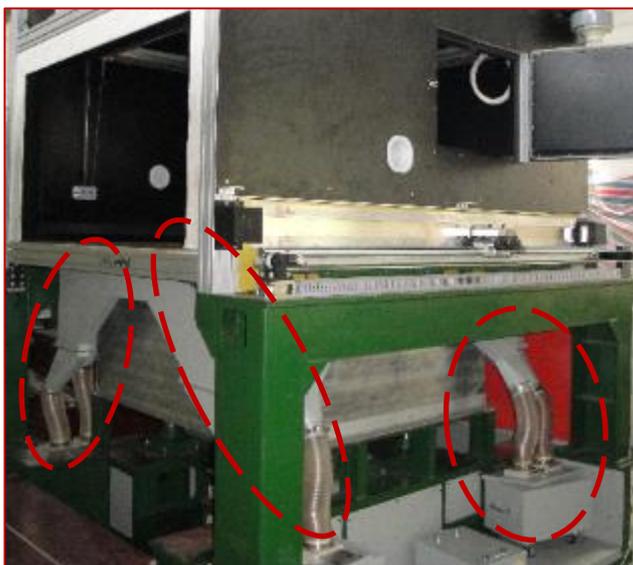
Материал загружается в заднюю часть установки в специально предусмотренное узкое вертикальное хранилище с помощью специального устройства подачи. Люк для загрузки материала находится в верхней части установки.



Материал из хранилища подается в рабочую камеру. Специальный стальной нож (*ракель*), передвигающийся на ременных приводах, формирует (*разравнивает*) слой материала в зависимости от заданной оператором толщины, которая регулируется перемещением платформы для построения (*ходом*) по оси Z. На платформе располагается **стол для построения** (*стол на фотографии отсутствует*).



После завершения процесса построения платформа поднимается в исходное положение, оператор открывает переднюю крышку и вручную (*с помощью сжатого воздуха, кисточек или др.*) производит первичную очистку изделия от не отверждённого материала, который поступает в сборочные контейнеры, расположенный по углам установки.



Ручной вилочный погрузчик используется для облегченного перемещения напечатанного изделия из установки на рабочее место для очистки, укомплектованное специальным пылесборником, на котором изделие очищается от остатков не отверждённого материала.



Не отвержденный материал из контейнеров для сбора, расположенных в установке, а также пылесборника собирается и проходит процесс восстановления (*просеивания*) для повторного использования в производственном цикле.



Данное оборудования представляет из себя вибрационную платформу, которая полуавтоматически просеивает не отвержденный материал через несколько уровней сит. При необходимости можно осуществлять процесс просеивания вручную. Процесс просеивания необходим для отделения так называемых “огарков”, которые представляют из себя спекшиеся порошинки полистирола, не являющиеся частью изделия и находящиеся в не отвержденном материале.

## ИНФИЛЬТРАЦИЯ ПОЛИСТИРОЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ВОСКОМ



При литье по выжигаемым моделям, полученное на 3D принтере изделие из порошкового полистирола инфильтрируется расплавленным воском. Модель опускается в ванну, наполненную расплавленным воском, и выдерживается там до момента полной пропитки (*процесс завершается по окончании выделения характерных пузырьков воздуха на поверхности расплавленного воска*). При работе с крупногабаритными моделями используется лебедочный лифт, стандартно поставляемый в качестве дополнительного оборудования.

## ТЕРМООБРАБОТКА ПЕСЧАНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

Для песчано-полимерных форм и стержней по технологическому процессу необходим этап их постобработки (*отжига*) в конвекционном шкафу (*термошкаф*). Во время термической обработки происходит окончательное скрепление частиц песка между собой, что значительно повышает механические свойства изделия, позволяя оптимизировать толщину стенок формы при литье. Процесс термообработки занимает до 4-5 часов при температуре около 200°C.

