

# Повышение эффективности литья в песчано-глинистые формы (ПГФ) при использовании аддитивных технологий



ПОДГОТОВИЛ:

НАЧАЛЬНИК КБ СП

ПОМЕЛОВ Н.А.

РУКОВОДИТЕЛИ:

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР КАПУСТИН А.А.

ГЛАВНЫЙ МЕТАЛЛУРГ КАРАВАШКИН И.Ю.

АРЗАМАС 2025

# ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

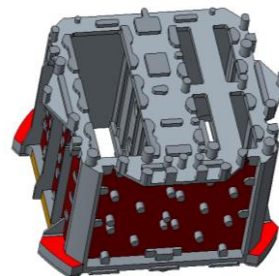
- ▶ Создание на предприятии современного участка литья в песчано-глинистые формы с применением аддитивных технологий
- ▶ Повышение качества литейных заготовок
- ▶ Повышение эффективности производства за счет применения аддитивных технологий
- ▶ Увеличение объема выпуска годной продукции в условиях роста Государственного Оборонного Заказа (ГОЗ)
- ▶ Сокращение сроков подготовки производства



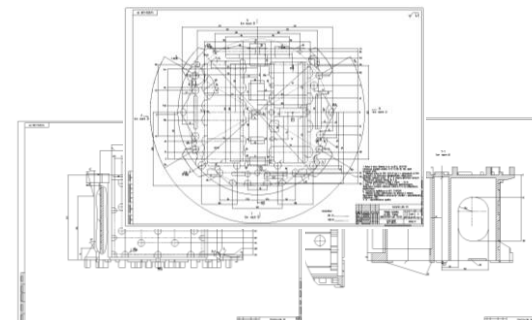
# Литье в песчано-глинистые формы (ПГФ) ключевые этапы процесса

Данная технология обладает рядом существенных преимуществ. Она позволяет изготавливать детали практически любой сложности и размеров – от миниатюрных ювелирных изделий до многотонных корпусов судовых двигателей.

Метод универсален и подходит для широкого спектра металлов и сплавов, включая сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы.



CAD МОДЕЛЬ ОТЛИВКИ



КД ОТЛИВКИ

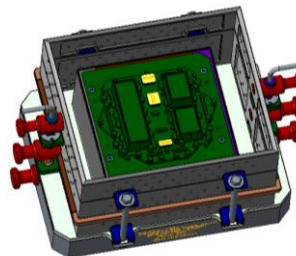
## ▶ Создание модельной оснастки

(проектирование отливки, расчет элементов литниковой системы, моделирование литейного процесса, проектирование и изготовление модельного комплекта)

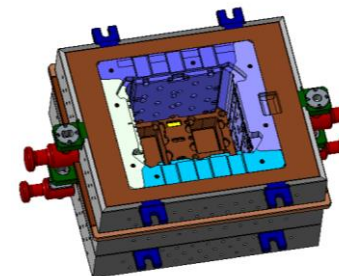
## ▶ Формирование литейной формы

## ▶ Заливка расплавленного металла

## ▶ Охлаждение и извлечение готовой отливки



CAD МОДЕЛЬ СБОРКИ  
МОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКТА



CAD МОДЕЛЬ СБОРКИ  
С ЧАСТЬЮ СТЕРЖНЕЙ



ОТЛИВКА

## Производство 3D-песчаных форм (технология PCM – Patternless Casting Manufacturing)

Одна из самых передовых технологий производства литейных форм в настоящее время, которая объединяет традиционную технологию литья в песчаную форму и 3D-печать.

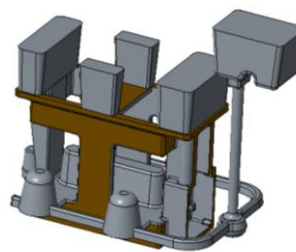
Технология позволяет быстро создавать песчаные формы и стержни, которые эффективны для литья сложных деталей.

PCM не нуждается в изготовлении модельной оснастки, уменьшает производственный цикл и стоимость производства.

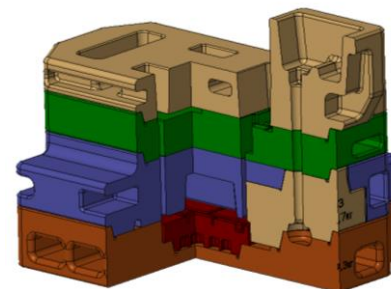
Кроме того, при использовании 3D-печати для создания литейных форм, не требуется выполнять КД – достаточно CAD модели.

### Преимущества технологии PCM:

- возможность создания ранее недоступного дизайна, в том числе генеративного;
- отливки соответствуют 7 классу точности;
- минимальные припуски – сокращение времени на постобработку до 36%;
- создание сложных форм и стержней за несколько дней вместо недель;
- получение отливки нового изделия за пару недель вместо месяцев;
- сокращение расхода материалов;
- отсутствие модельной оснастки;
- гарантия повторяемости получаемых форм и стержней;
- минимизация человеческого фактора.



CAD МОДЕЛЬ ОТЛИВКИ  
С ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМОЙ



CAD МОДЕЛЬ  
ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ



ОТЛИВКА

# УЧАСТОК 3D-ПЕЧАТИ

СОЗДАН НА ОСНОВЕ ПОЛНОСТЬЮ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ  
ПО ТЕХНОЛОГИИ РСМ – FHZL РСМ1200



ОТЛИВКА

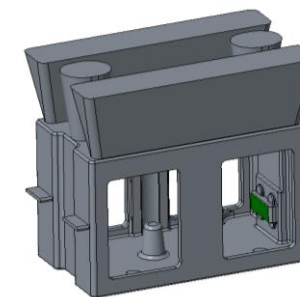
АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА FHZL РСМ1200

ЭЛЕМЕНТЫ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ  
В БУНКЕРЕ ПОСТРОЕНИЯ



ЭЛЕМЕНТЫ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

ЗАЛИВКА  
ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ



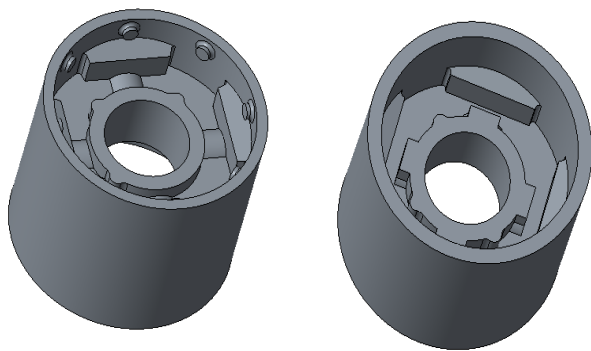
CAD МОДЕЛЬ ОТЛИВКИ



# Сравнительный анализ

классической технологии литья в ПГФ и 3D-печати на примере 3-х деталей  
(данные детали изготавливались на предприятии до внедрения новой технологии,  
затем были разработаны литейные формы под технологию 3D-печати)

## Деталь №1

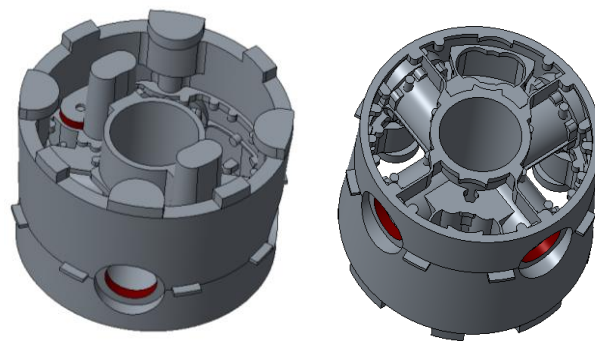


Габаритные размеры отливки:

Ø210x169 мм.

Масса отливки: 6 кг.

## Деталь №2

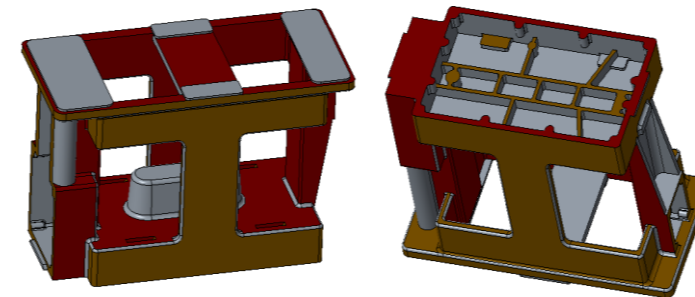


Габаритные размеры отливки:

Ø390x241 мм.

Масса отливки: 23,5 кг.

## Деталь №3



Габаритные размеры отливки:

396x182x258 мм.

Масса отливки: 9,5 кг.

# Сравнительный анализ

## подготовка производства (проектирование)

### Деталь №1

Проектирование отливки и расчет литниковой системы, моделирование литейного процесса

| Классическая технология | Технология 3D-печати |
|-------------------------|----------------------|
| 2 недели                | 2 недели             |

Проектирование технологической оснастки

| Классическая технология   | Технология 3D-печати   |
|---|--|
| 4 недели<br>(модельный комплект;<br>2 стержневых ящика;<br>комплект опок) | 1 неделя<br>(проектирование CAD<br>модели литейной<br>формы) |

### Деталь №2

Проектирование отливки и расчет литниковой системы, моделирование литейного процесса

| Классическая технология | Технология 3D-печати |
|-------------------------|----------------------|
| 6 недель                | 6 недель             |

Проектирование технологической оснастки

| Классическая технология  | Технология 3D-печати   |
|--|--|
| 16 недель<br>(модельный комплект;<br>17 стержневых ящиков;<br>комплект опок) | 3 недели<br>(проектирование CAD<br>модели литейной<br>формы) |

### Деталь №3

Проектирование отливки и расчет литниковой системы, моделирование литейного процесса

| Классическая технология | Технология 3D-печати |
|-------------------------|----------------------|
| 5 недель                | 5 недель             |

Проектирование технологической оснастки

| Классическая технология  | Технология 3D-печати   |
|--|--|
| 8 недель<br>(модельный комплект;<br>6 стержневых ящиков;<br>комплект опок) | 2 недели<br>(проектирование CAD<br>модели литейной<br>формы) |



# Сравнительный анализ

подготовка производства (проектирование)

## Деталь №1

Затраты времени на проектирование (итог)

| Классическая технология | Технология 3D-печати |
|-------------------------|----------------------|
| 6 недель<br>102000 р.   | 3 недели<br>51000 р. |

Сокращение сроков проектирования в 2 раза

## Деталь №2

Затраты времени на проектирование (итог)

| Классическая технология | Технология 3D-печати  |
|-------------------------|-----------------------|
| 22 недели<br>374000 р.  | 9 недель<br>153000 р. |

Сокращение сроков проектирования в 2,44 раза

## Деталь №3

Затраты времени на проектирование (итог)

| Классическая технология | Технология 3D-печати  |
|-------------------------|-----------------------|
| 13 недель<br>221000 р.  | 7 недель<br>119000 р. |

Сокращение сроков проектирования в 1,86 раза



# Сравнительный анализ

подготовка производства (изготовление оснастки)

## Деталь №1

Изготовление оснастки в инструментальном цехе предприятия

| Классическая технология | Технология 3D-печати |
|-------------------------|----------------------|
| 2 месяца                | не требуется         |

Стоимость изготовления оснастки

| Классическая технология | Технология 3D-печати |
|-------------------------|----------------------|
| 612000 р.               | не требуется         |

Экономия затрат:  
2 месяца и 612000 р.

## Деталь №2

Изготовление оснастки в инструментальном цехе предприятия

| Классическая технология | Технология 3D-печати |
|-------------------------|----------------------|
| 7 месяцев               | не требуется         |

Стоимость изготовления оснастки

| Классическая технология | Технология 3D-печати |
|-------------------------|----------------------|
| 7200000 р.              | не требуется         |

Экономия затрат:  
7 месяцев и 7200000 р.

## Деталь №3

Изготовление оснастки в инструментальном цехе предприятия

| Классическая технология | Технология 3D-печати |
|-------------------------|----------------------|
| 4 месяца                | не требуется         |

Стоимость изготовления оснастки

| Классическая технология | Технология 3D-печати |
|-------------------------|----------------------|
| 2163000 р.              | не требуется         |

Экономия затрат:  
4 месяца и 2163000 р.



# Сравнительный анализ

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВКИ

## Деталь №1

Количество литейных форм  
за 1 смену (11 часов)

| Классическая технология | Технология 3D-печати |
|-------------------------|----------------------|
| 5 шт.                   | 6 шт.                |

Стоимость изготовления отливки  
в литейном цехе 1 шт.

| Классическая технология | Технология 3D-печати |
|-------------------------|----------------------|
| 1230 р.                 | 1160 р.              |

Экономия затрат на 1 шт.: 70 р.

Увеличение количества отливок  
в смену: +20%.

## Деталь №2

Количество литейных форм  
за 1 смену (11 часов)

| Классическая технология | Технология 3D-печати |
|-------------------------|----------------------|
| 1 шт.                   | 2 шт.                |

Стоимость изготовления отливки  
в литейном цехе 1 шт.

| Классическая технология | Технология 3D-печати |
|-------------------------|----------------------|
| 7280 р.                 | 6910 р.              |

Экономия затрат на 1 шт.: 370 р.

Увеличение количества отливок  
в смену: +100%.

## Деталь №3

Количество литейных форм  
за 1 смену (11 часов)

| Классическая технология | Технология 3D-печати |
|-------------------------|----------------------|
| 2 шт.                   | 3 шт.                |

Стоимость изготовления отливки  
в литейном цехе 1 шт.

| Классическая технология | Технология 3D-печати |
|-------------------------|----------------------|
| 4430 р.                 | 3680 р.              |

Экономия затрат на 1 шт.: 750 р.

Увеличение количества отливок  
в смену: +50%.



## Сравнительный анализ

классической технологии литья в ПГФ и 3D-печати на примере 3-х деталей

Экономический эффект от внедрения новой технологии в разрезе подготовки производства:

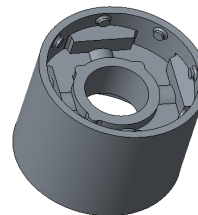
$$\mathcal{E} = \mathcal{Z}_{\text{пк}} + \mathcal{Z}_{\text{ио}} - \mathcal{Z}_{\text{п3d}}$$

$\mathcal{Z}_{\text{пк}}$  – затраты на проектирование модельного комплекта по классической технологии, включая оформление КД (в тыс. руб.);

$\mathcal{Z}_{\text{ио}}$  – затраты на изготовление модельной оснастки (в тыс. руб.);

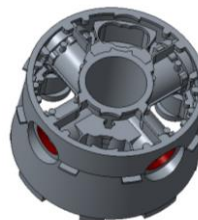
$\mathcal{Z}_{\text{п3d}}$  – затраты на проектирование CAD модели литейной формы, в данном случае не требуется оформлять КД (в тыс. руб.).

### ▶ Деталь №1



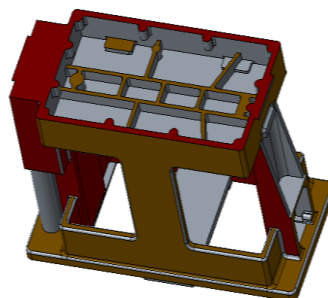
$$\mathcal{E} = 102 + 612 - 51 = 663 \text{ тыс. руб.}$$

### ▶ Деталь №2

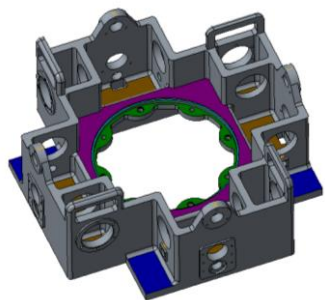


$$\mathcal{E} = 374 + 7200 - 153 = 7421 \text{ тыс. руб.}$$

### ▶ Деталь №3

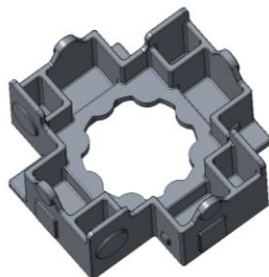


$$\mathcal{E} = 221 + 2163 - 119 = 2265 \text{ тыс. руб.}$$



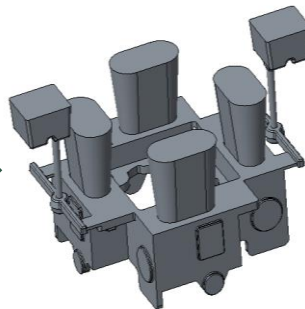
CAD МОДЕЛЬ  
ДЕТАЛИ «КОРПУС»

- ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ:  
**730X730X290 MM**
- МАССА: **64 КГ**
- МАТЕРИАЛ: **AK7ч ГОСТ 1583-93**



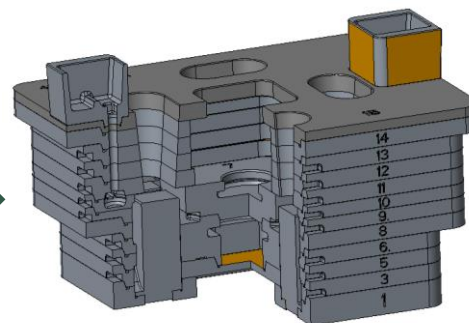
CAD МОДЕЛЬ ОТЛИВКИ  
ДЕТАЛИ «КОРПУС»

- ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ:  
**738X738X294 MM**
- МАССА: **75 КГ**



CAD МОДЕЛЬ ОТЛИВКИ  
С ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМОЙ

- ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ:  
**1135X748X700 MM**
- МАССА: **153 КГ**



CAD МОДЕЛЬ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

- ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ:  
**1150X876X740 MM**
- МАССА: **520 КГ**



ОТЛИВКА

## Применение аддитивных технологий при проведении ОКР\*

ОКР\* - опытно-конструкторская работа



# РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ▶ На предприятии создан современный участок литья в песчано-глинистые формы с применением аддитивных технологий
- ▶ Сокращены сроки подготовки производства за счет уменьшения сроков проектирования оснастки более чем в 2 раза и отсутствия необходимости ее изготовления в инструментальном цехе предприятия
- ▶ Увеличены объемы выпуска годной продукции в среднем на 40-50%
- ▶ Увеличена эффективность литейного производства и повышено качество литейных заготовок за счет уменьшения сроков внедрения предложений по изменению литниково-питающих систем отливок
- ▶ Данная технология позволяет проводить опытно-конструкторские работы, является оптимальным решением для разработки новых продуктов опытного производства, мелко- и среднесерийного производства, связанного с изготовлением различных компонентов и форм
- ▶ Технология 3D-печати литейных форм обеспечивает гибкость и совместимость с классической технологией литья в песчано-глинистые формы (ПГФ)



Акционерное общество  
«Арзамасский приборостроительный  
завод имени П.И. Пландина»  
607220, Россия, Нижегородская обл.,  
г. Арзамас, ул. 50 лет ВЛКСМ, 8а

Приемная генерального директора:  
(83147) 7-91-33 Факс: (83147) 7-95-77

e-mail: [apz@aoapz.ru](mailto:apz@aoapz.ru)

[www.aoapz.ru](http://www.aoapz.ru)



# Благодарим за внимание

