

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



СОГЛАСОВАНО

Декан СФ

_____ С.И. Феокистов
(подпись)

« ____ » _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой САПР

_____ В.В. Куриный
(подпись)

« ____ » _____ 20__ г.

УТВЕРЖДАЮ

Начальник отдела ОПРО

_____ Ю.С. Иванов
(подпись)

« ____ » _____ 20__ г.

Технология изготовления
отливки «Кронштейн»
с применением аддитивных технологий

Руководитель СКБ

Подпись/дата

Ответственный исполнитель

Подпись/дата

В.В. Куриный

Е.А. Старцев

Комсомольск-на-Амуре 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



ЗАДАНИЕ

на разработку

Выдано студентам:

магистр Е.А. Старцев группа 9МНм

магистр Рубцова Настя группа 9МНм

Название проекта:

Технология изготовления отливки «Кронштейн» с применением аддитивных технологий

Назначение: технология предназначенная для изготовления отливок

Область использования:

Изделие может применяться на машиностроительных производствах

Функциональное описание устройства:

Техническое описание устройства: _____

Требования:

План работ:

Наименование работ	Срок

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



ПАСПОРТ

Технология изготовления

отливки «Кронштейн»

с применением аддитивных технологий

Руководитель СКБ

В.В. Куриный

Подпись/дата

Ответственный исполнитель

Старцев Е.А.

Подпись/дата

Комсомольск-на-Амуре 2019

Содержание

1	Технологический раздел.....	8
1.1	Назначение детали «Кронштейн».....	8
1.1.1	Нормы точности	8
1.1.2	Припуски на обработку.....	9
1.1.3	Особенности моделирования отливки при изготовлении модели методом быстрого прототипирования пластиком.....	11
1.2	Анализ свойств сплава отливки.....	11
1.2.1	Химические свойства сплава АК8л (АЛ 34) ГОСТ 1583-93.....	11
1.2.2	Физико-механические свойства сплава.....	12
1.2.3	Литейные свойства сплава.....	12
1.2.4	Вывод по свойствам сплава.....	13
1.2.5	Анализ технологичности конструкции отливки.....	13
1.2.6	Вывод по технологичности отливки.....	14
1.3	Обоснование выбора положения отливки в форме и поверхности разъема формы.....	14
1.3.1	Варианты расположения отливки в форме.....	14
1.3.2	Выбор оптимального расположения отливки в форме.....	14
1.5	Изготовление литейных стержней.....	17
1.5.1	Конфигурация стержней, выбор знаков и вентиляционных каналов.....	17
1.5.2	Выбор состава стержневой смеси.....	17
1.5.3	Подготовка оснастки.....	19
1.5.4	Уплотнение смеси.....	20
1.5.5	Выполнение вентиляционных каналов.....	21
1.5.6	Отверждение смеси.....	22
1.5.7	Извлечение стержней.....	22
1.5.8	Отделка стержней.....	22
1.5.9	Контроль, комплектация и хранение стержней.....	23
1.6	Расчет и конструирование литниково-питающих систем.....	24
1.6.1	Исходные данные для расчета.....	24
1.6.2	Расчет ЛПС.....	25
1.6.3	Расчет прибылей	27
1.7	Вывод.....	28
2	Технология проектирования и изготовления 3D моделей.....	29
2.1	Оборудование для изготовления 3D моделей.....	29
2.2	Программное обеспечение для создания 3D моделей.....	30
2.3	Материалы для 3d печати.....	32
2.4	Процесс печати.....	34
2.5	Финальная обработка моделей	
2.6	Выводы.....	40

1.1 Назначение детали «Кронштейн»

Деталь, получаемая из отливки, используется в авиационном производстве. Кронштейн предназначен для закрепления в нем подвижного звена (рисунок 1.1). Кронштейн при эксплуатации испытывает динамическое нагружение.

1.1.1 Нормы точности

Исходные данные.

Материал отливки «кронштейн»: термообрабатываемый алюминиевый сплав АК8л;

Принятый технологический процесс литья: в разовую песчано-глинистую форму.

Два отверстия диаметром 9 мм в зависимости от вида литья оформляются одним сборным быстросохнущим стержнем из холоднотвердеющей смеси или механической обработкой.

Положение отливки в форме и поверхность разъема форм разрабатываются ниже в разделе.

Шесть отверстий диаметром 5мм выполняются механической обработкой.

Внешние габаритные размеры детали 82×42×62 мм.

Все обрабатываемые поверхности обрабатываются до одной степени шероховатости Rz50, следовательно, на все обрабатываемые поверхности будет один и тот же припуск.

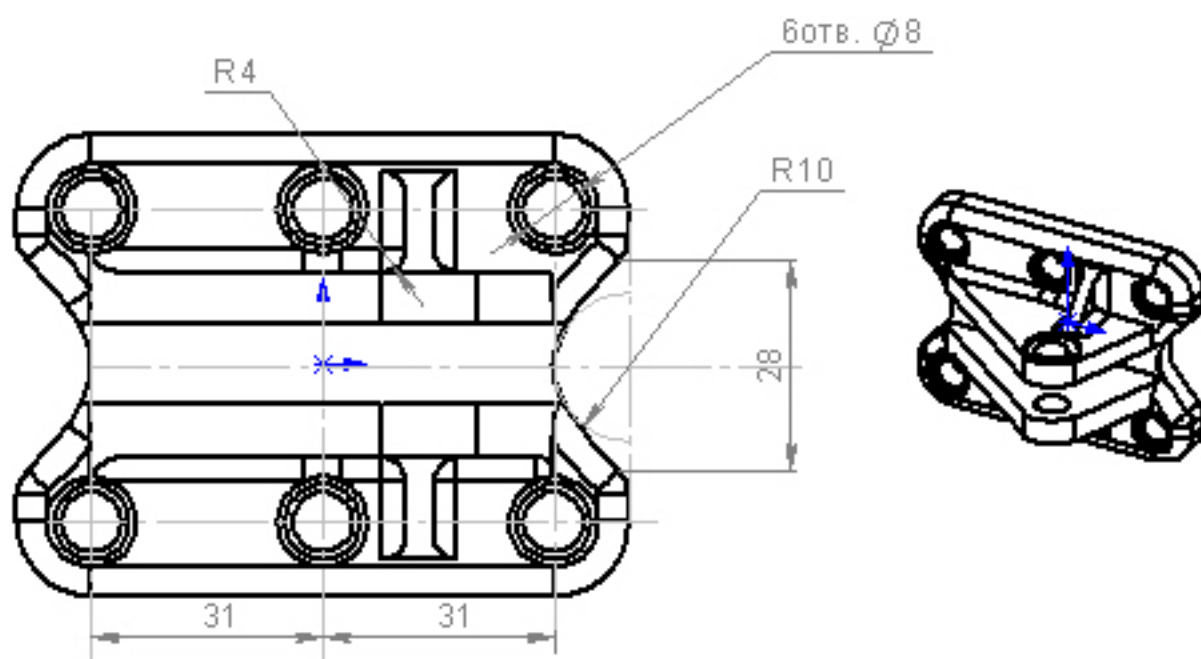
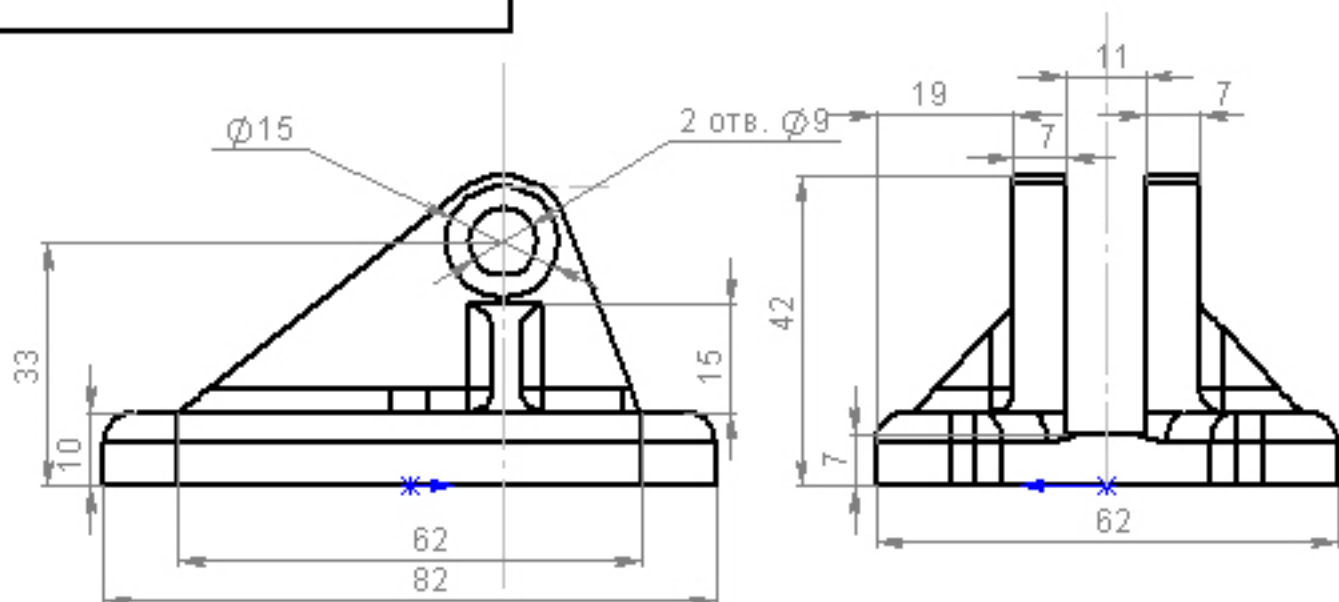
Масса детали 0,150 кг, объем детали 0,055 м³.

Для заготовки кронштейн, используя исходные данные чертежа и технологии, выбираем интервал размерной точности 6-11 т. Учитывая рекомендации, данные в примечаниях, выбираем класс размерной точности 8

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Старцев Е.А.</i>			1 Технологический раздел	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>		<i>Куриный В.В.</i>					8	
<i>Н.контр.</i>		<i>Куриный В.В.</i>			СКБ Аддитивные технологии			
<i>Утв.</i>								

Перв. проект.

Стр. №



Подл. дата

Итв. № дубл.

Взап. итв. №

Подл. дата

Итв. № подл.

СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП

Кронштейн

Лит.	Масса	Масштаб
у		1:2
Лист 1		Листов 1

СКБ Административные технологии

Контроль

Формат А4

Для данной отливки существует возможность коробления оси отверстий диаметром 6 и диаметром 9 мм относительно опорной поверхности кронштейна. Соотношение размеров определим, как $6/27=0,222$. Для такого соотношения назначаем степень коробления – 4.

Для отливки кронштейн из интервала степени точности 8-15 назначаем: 12. Для степени точности поверхностей 12 назначаем ряд припусков – 4. Допуск неровностей поверхностей не более 0,50 мм.

Для устранения неровностей и дефектов поверхности, а также для уменьшения шероховатости при отсутствии необходимости в повышении точности размеров, формы и расположения поверхностей следует назначить литейный припуск. Назначаем из ряда припусков 4 припуск – 0,4 мм, не более.

1.1.2 Припуски на обработку

В разъем входит опорная поверхность кронштейна толщиной $40/2=20$, для класса размерной точности 8 допустимое смещение отливки составит 1,00 мм.

Для заданных условий производства и условий службы детали «Кронштейн» следует принять пониженный уровень точности обработки при нормальной степени точности станков.

Значения допусков размера, формы и расположения и общего допуска сведем в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 - Значения допусков размера, формы и расположения и общего допуска

Номинальный размер, мм	Способ формирования элемента	Допуск		
		размера	формы и расположения	общий
Диаметр 9	Стержнем	0,80	0,24	1,10
10,1	Стержнем	0,90	0,24	1,10
$6^{+0,2}$	Стержнем	0,80	0,24	1,10
5	Стержнем	0,70	0,24	0,90

Назначение вида окончательной мехобработки для заготовки «Кронштейн» (таблица 1.2).

Таблица 1.2-Назначение вида окончательной мехобработки

Номинальный размер, мм	Допуск, мм				Соотношение допусков детали и отливки		Вид обработки рекомендуемый	Окончательный вид обработки
	размера		формы и расположения поверхностей		размера	формы и расположения поверхностей		
	детали	отливки	детали	отливки				
Диаметр 9 ⁺¹²	+0,12	1,10	0,03	0,24	0,11	0,13	ПЧ. ЧСТ	ПЧ
10,1 ^{+0,16}	+0,16	1,10	0,08	0,24	0,15	0,3	ПЧ. ЧСТ	ПЧ
6 ^{+0,2}	+0,2	1,10	0,05	0,24	0,18	0,2	ПЧ. ЧСТ	ПЧ
5 ^{+0,16}	+0,16	0,90	0,04	0,24	0,18	0,17	ПЧ. ЧСТ	ПЧ

Назначение припуска на мехобработку (таблица 1.3).

Таблица 1.3 - Назначение припуска на мехобработку

Номинальный размер, мм	Общий допуск элемента поверхности, мм	Вид окончательной мехобработки	Припуск, мм		Масса припуска, кг
			рекомендуемый	принятый	
диаметром 9	1,10/2=0,55	ПЧ	1,0	1,0	0,0051
10,1	1,10/2=0,55	ПЧ	1,0	1,0	0,0033
10,1			1,0	1,0	0,0033
6	1,10/2=0,55	ПЧ	1,0	1,0	0,0021
6			1,0	1,0	0,0021
5	0,90/2=0,45	ПЧ	0,9	0,9	0,0012

Масса припусков: $0,0051+0,0033 \cdot 2+0,0021 \cdot 2+0,0012=0,0171$ кг. Класс точности массы: 9 т. Обозначение точности отливки на чертеже: 8-4-12-9 т ГОСТ 26645-85.

1.1.3 Особенности моделирования отливки при изготовлении модели методом быстрого прототипирования пластиком

Моделирование отливки при изготовлении модели аддитивными технологиями имеет свои особенности. Различают несколько классов моделей по способу удаления модели из формы: одноразовые и многоразовые модели. При изготовлении отливок в песчанно-глинистые формы модели как правило многоразовые. Извлечение модели из формы производится после раскрытия формы. В этом случае модель многоразовая и требует повышенной прочности. Повышение прочности достигается повышением процента заполнения модели в слайсере. Извлечение модели из формы затруднено, поэтому необходимо выбрать литейные уклоны. Литейные уклоны -уклоны, необходимые для облегчения удаления моделей из разовых форм, стержней из стержневых ящиков, разовых моделей для литья по выплавляемым и выжигаемым моделям из пресс-форм, отливок из многократных форм. Литейные формовочные уклоны регламентируются ГОСТ Р 53465-2009.

Для литья в песчано-глинистые формы при ручной формовке класс литейных уклонов для наружных поверхностей 18-20. При максимальной высоте отливки 42 мм литейный уклон от 1°07' до 2°10' (2-2,4мм). Эти значения необходимо учесть при проектировании отливки.

В случае применения неразъемной формы например гипсовой и удаление модели выжиганием, необходима невысокая прочность и минимальное заполнение модели. Литейные уклоны в этом случае не выполняются.

1.2 Анализ свойств сплава отливки

1.2.1 Химические свойства сплава АК8л (АЛ 34) ГОСТ 1583-93

Сплав на основе системы алюминий-кремний-магний (Al-Si-Mg).

Вид продукции: отливка.

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

Массовая доля основных компонентов, %:

Массовая доля основных компонентов, %:

алюминий Al – основа 89,25-92,9; магний Mg: 0,35-0,55; кремний Si: 6,5-8,5; титан Ti: 0,1- 0,3; никель Ni: 0,15-0,4; бериллий 0,15-0,4.

Примесей, не более %:

железо Fe до 0,6; Mn: до 0,1; Cu: до 0,3; Zn: до 0,3; Zr: до 0,2.

1.2.2 Физико-механические свойства сплава

Временное сопротивление разрыву: 294 МПа или 30,0 кгс/мм².

Относительное удлинение: 2,0 %.

Твердость по Бринеллю: 85,0 НВ [9].

Рекомендуемые режимы термической обработки сплавов: вид термической обработки: Т5.

Закалка: Температура нагрева 535 ± 5 °С. Время выдержки 10-16 ч.

Охлаждающая среда, температура, °С: вода, 20-100 °С.

Старение: температура нагрева: 175 ± 5 °С.

Время выдержки: 6 ч.

1.2.3 Литейные свойства сплава

Жидкотекучесть по прутковой пробе 350 мм при температуре заливки T=700 °С.

Линейная усадка 1,1 %.

Объемная усадка 3,9 %.

Сплав не склонен к образованию трещин.

Временное сопротивление разрыву: 294 МПа или 30,0 кгс/мм².

Относительное удлинение: 2,0 %.

Твердость по Бринеллю: 85,0 НВ.

Рекомендуемые режимы термической обработки сплавов: вид термической обработки: Т5.

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

Закалка: Температура нагрева 535 ± 5 °С. Время выдержки 10-16 ч.

Охлаждающая среда, температура, °С: вода, 20-100 °С.

Старение: температура нагрева: 175 ± 5 °С.

Время выдержки: 6 ч.

1.2.4 Вывод по свойствам сплава

Данная отливка соответствует предъявляемым к ней требованиям. Получаемая отливка обеспечивает необходимую прочность при сравнительно малой массе (масса отливки 0,150 кг). За счет многочисленных сопряжений стенок достигается необходимая прочность. Имеются уклоны на перпендикулярных стенках отливки. Сплав обладает хорошей жидкотекучестью. Наиболее сложной для выполнения частью отливки является паз между двумя вертикальными стенками шириной 11 мм. В случае изготовления отливки литьем в песчанно-глинистые формы для его оформления используется центральный стержень. При литье в неразъемной форме стержень можно не применять. Отливка является технологичной, так как отвечает предъявляемым к ней требованиям по эксплуатации, обеспечивает требуемую прочность.

1.2.5 Анализ технологичности конструкции отливки

В отливке присутствует 6 тепловых узлов в форме вытянутых цилиндров (рисунок 1.1). Образованных Т-образным сопряжением основания и ребер.

Литейные радиусы в месте сопряжения представленного на рисунке 1.1 вычисляются по формуле

$$R \geq 4(a-b).$$

При $R \geq 4(4-4)=0$, принимаем $R=4$.

Для теплового узла представленного на рисунке 1.1-II рассчитываем радиус по формуле

$$R \geq 4(a-b).$$

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

При $R \geq 4(4-4)=0$, принимаем $R=4$.

Отливка имеет 2 отверстия (рисунок 1.1) диаметром 9 мм, которые формируются с использованием одного стержня, и 4 отверстия диаметром 5 мм, которые заливаются.

1.2.6 Вывод по технологичности отливки

Данная отливка соответствует предъявляемым к ней требованиям. Получаемая отливка обеспечивает необходимую прочность при сравнительно малой массе (масса отливки 0,150 кг). За счет многочисленных сопряжений стенок достигается необходимая прочность. Имеются уклоны на перпендикулярных стенках отливки. Сплав обладает хорошей жидкотекучестью. Наиболее сложной для выполнения частью отливки является паз между двумя вертикальными стенками шириной 11 мм. В случае изготовления отливки литьем в песчанно-глинистые формы для его оформления используется центральный стержень. При литье в неразъемной форме стержень можно не применять. Отливка является технологичной, так как отвечает предъявляемым к ней требованиям по эксплуатации, обеспечивает требуемую прочность.

1.3 Обоснование выбора положения отливки в форме и поверхности разъема формы

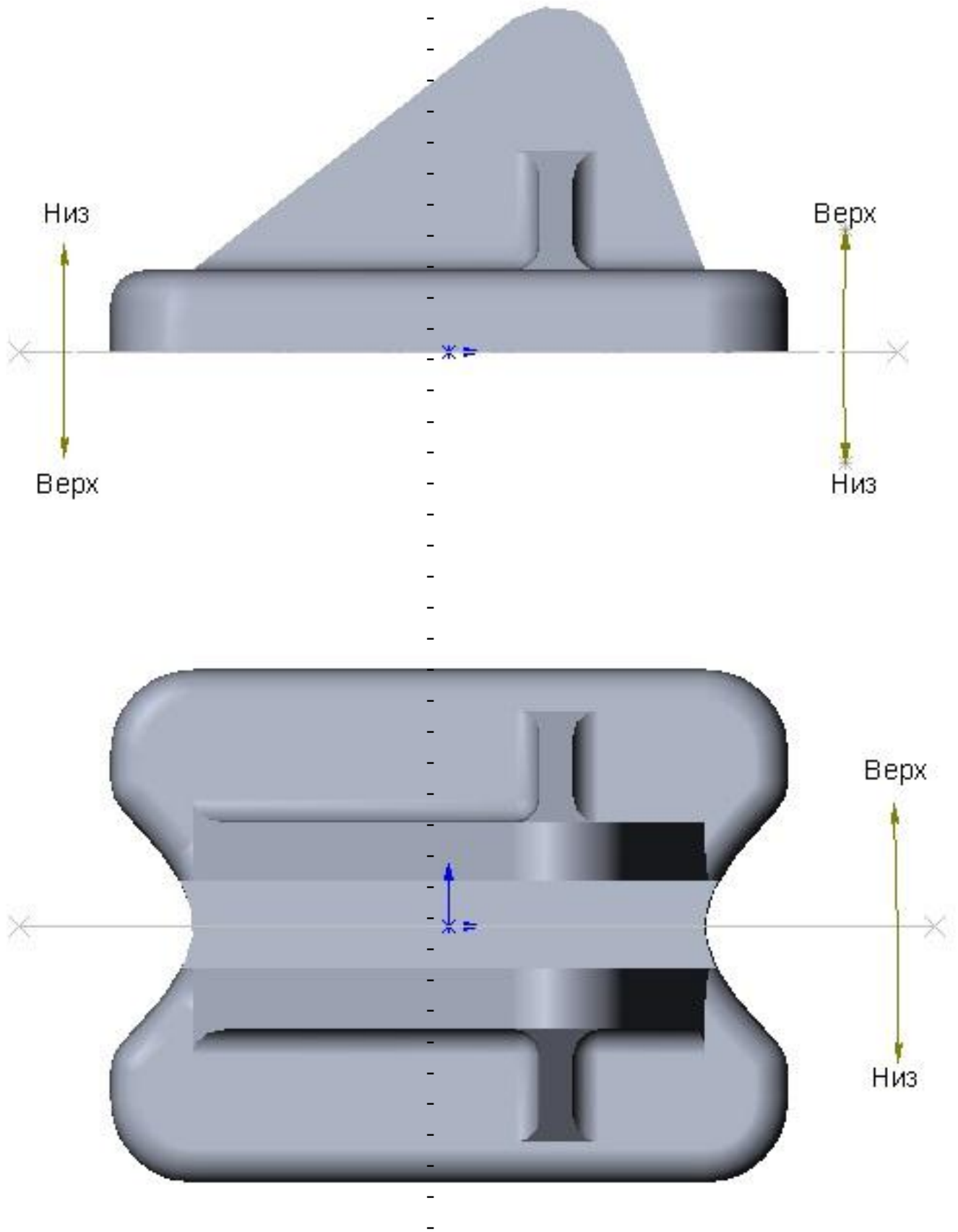
1.3.1 Варианты расположения отливки в форме

Возможные варианты расположения отливки в форме представлены на рисунке 1.2.

1.3.2 Выбор оптимального расположения отливки в форме

Все требования, предъявляемые к положению отливки в форме, и поверхности разъема представлены в таблице 1.1, каждое требование оценивается весовым коэффициентом и оценочным балом по каждому варианту положения отливки.

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14



- Рисунок 1.2 - Варианты расположения отливки I, II, III

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП

Лист

15

Таблица 1.4-Обоснование выбора положения отливки в форме и поверхности разъема формы

Требования	Весовой коэффициент	Оценочные баллы		
		I	II	III
1	2	3	4	5
Обоснование выбора положения отливки в форме				
Положение отливки при заливке должно обеспечивать направленное затвердевание от тонких частей к толстым. Соответственно, питание тонких частей должно осуществляться за счет толстых, а последних - за счет прибыли.	0,5	3	1	2
Наиболее ответственные и в особенности обрабатываемые поверхности отливок необходимо расположить внизу, а если это не возможно вертикально или наклонно, что позволяет получить на этих поверхностях наиболее плотный металл, уменьшает вероятность на них газовых раковин, шлаковых и других включений.	0,3	3	1	2
Развитые тонкие стенки, ребра необходимо располагать внизу или вертикально — с целью хорошего их заполнения, предотвращения неспаев и неслитин. Исключение - при применении верхней литниковой системы для отливок из чугуна тонкие стенки следует расположить сверху с подводом металла к ним.	0,5	3	1	2
Большие плоские поверхности отливки для предотвращения образования ужимин необходимо располагать вертикально или наклонно.	0,3	1	1	3
При подводе металла по разъему формы тонкие горизонтальные стенки отливки следует располагать в нижней части формы, что обеспечит лучшее заполнение формы и устраняет недолив.	0,3	1	3	2
Основу отливок с малой и равномерной толщиной стенок (ванны, посудное литье) следует располагать в верхней части формы, обеспечивая тем самым хорошее заполнение клиновыми, щелевыми или дождевыми питателями, подводимыми в верхнюю часть отливки.	0,1	3	1	1
Отливку необходимо располагать так, чтобы обеспечить спокойное заполнение формы, исключаящее разрушение струей металла отдельных участков формы и стержней.	0,3	3	2	1
Отливки при заливке следует располагать так, чтобы был обеспечен преимущественно верхний отвод газов из стержней.	0,1	1	2	2
Отливку в форме следует располагать по возможности так, чтобы можно было объединить несколько стержней в один для двух и более отливок.	0,1	1	1	1
Отливку в форме следует располагать так, чтобы общая высота формы была наименьшей, а полуформы имели примерно одинаковую высоту.	0,1	1	1	1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5
- Итого по п. 1		21	15	18
Отливки деталей, к которым предъявляются высокие требования по герметичности, следует располагать так, чтобы обеспечить крепление стержней без жеребеек.	0,1	1	1	1
Обоснование выбора плоскости разъема				
Число разъемов формы должно быть минимальным, а поверхности разъемов плоскими.	0,3	1	1	2
Количество стержней должно быть минимальным, по возможности стержни следует заменять болванами.	0,3	2	2	1
Модель по возможности не должна иметь отъемных частей.	0,1	3	3	3
Основная часть отливки должна располагаться в нижней полуформе, что обеспечивает достаточно точную установку стержней и необходимый напор металла при заполнении им формы.	0,5	3	1	2
Желательно, чтобы все стержни при сборке формы устанавливались в нижней полуформе.	0,1	3	1	2
Высокие болваны должны располагаться в нижней полуформе.	0,1	1	1	1
Высота моделей должна быть минимальной.	0,1	1	1	2
При изготовлении отливок с узкими щелями или тонкими ребрами поверхность разъема надо выбирать так, чтобы эти части отливки изготавливались одними элементами формы.	0,3	2	2	1
Необрабатываемые поверхности отливок, на которых по техническим условиям не должно быть уклонов, необходимо располагать горизонтально или наклонно.	0,1	3	3	1
- Итого по п. 2		17	15	15
- Итого по п. 1, п. 2		38	30	33

Итоговое количество баллов с учетом весовых коэффициентов по каждому из вариантов рассчитываются по формуле

$$S_i = \sum_{k=1}^n (V_k \times B_k),$$

где S_i - сумма баллов по i - варианту;

V_k - значение весового коэффициента, характеризующего значимость k -го требования;

B_k - значение баллов, характеризующих соответствие i -го варианта k -му требованию.

$$S_1=0,5 \cdot 3+0,3 \cdot 3+0,5 \cdot 3+0,3 \cdot 1+0,3 \cdot 1+0,1 \cdot 3+0,3 \cdot 3+0,1 \cdot 1+0,1 \cdot 1+0,1 \cdot 1+0,1 \cdot 1+0,3 \cdot 1+0,3 \cdot 2+0,1 \cdot 3+0,5 \cdot 3+0,1 \cdot 3+0,1 \cdot 1+0,1 \cdot 1+0,3 \cdot 2+0,1 \cdot 3=10,2$$

$$S_2=0,5 \cdot 1+0,3 \cdot 1+0,5 \cdot 1+0,3 \cdot 1+0,3 \cdot 3+0,1 \cdot 1+0,3 \cdot 2+0,1 \cdot 2+0,1 \cdot 1+0,1 \cdot 1+0,1 \cdot 1+0,3 \cdot 1+0,3 \cdot 2+0,1 \cdot 3+0,5 \cdot 1+0,1 \cdot 1+0,1 \cdot 1+0,1 \cdot 1+0,3 \cdot 2+0,1 \cdot 3=6,6$$

$$S_3=0,5 \cdot 2+0,3 \cdot 2+0,5 \cdot 2+0,3 \cdot 3+0,3 \cdot 2+0,1 \cdot 1+0,3 \cdot 1+0,1 \cdot 2+0,1 \cdot 1+0,1 \cdot 1+0,1 \cdot 1+0,3 \cdot 2+0,3 \cdot 1+0,1 \cdot 3+0,5 \cdot 2+0,1 \cdot 2+0,1 \cdot 1+0,1 \cdot 2+0,3 \cdot 1+0,1 \cdot 1=8,1$$

По результатам вычислений принимается, что вариант, набравший максимальное количество баллов, является наиболее оптимальным с точки зрения получения качественных, бездефектных отливок.

1.5 Изготовление литейных стержней

1.5.1 Конфигурация стержней, выбор знаков и вентиляционных каналов

Стержень состоит из трех частей - центрального стержня и двух боковых. Боковые стержни соединяются с центральным при помощи гвоздиков. В центральном стержне наколом выполняется вентиляционный канал (рисунок 1.4). На боковые стержни назначаются знаки в соответствии с ГОСТ 3606 (рисунок 1.5). Конфигурация и размеры стержней представлены на рисунках 1.4 и 1.5. Блок стержней в сборе представлен на рисунке 1.6.

1.5.2 Выбор состава стержневой смеси

Для данной отливки используется стержневая смесь отверждаемая продувкой газовым реагентом по CO_2 – процессу, их называют также быстротвердеющими. Состав смеси представлен в виде таблицы 1.2.

Наряду с указанными в таблице 1.2 добавками для улучшения выбиваемости и податливости стержней могут применяться: порошок

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		17

каменного угля - 2 - 3 мас. ч., древесный пек - 2 - 3, асбест - 3 - 5, шамот - до 20, боксит - 3 - 5, торфяная или буроугольная, или каменноугольная зола - 2 - 3, сланцевый порошок - 2 - 3, пенополистирол в виде стружки или гранул размером до 2 мм - 0,1 - 0,5, раствор битума в уайт-спирите в массовом соотношении 3: 1 - 1 - 2, гидрол - 0,5 - 1,5 мас. ч. и др.

Таблица 1.5-Состав стержневой смеси

Сплав	Состав, мас. ч.						Свойства			
	Кварцевый песок	Глина	Жидкое стекло (M=2,7-2,9) Плотностью (1,45-1,47 г/см ³)	20 % водный раствор едкого натра	Древесные опилки	Мазут	Газопроницаемость, ед. не ниже	Прочность, 10 ⁵ Па		Влажность, %
								На сжатие сырых образцов	На разрыв после продувки CO ₂	
AK8л	94-97	3-6	4,5-7,0	0,5-1,5	1,5	-	80	0,12-0,30	1,0-2,5	3,0-4,5

К достоинствам смесей по CO₂-процессу относят быстрое отверждение в оснастке, высокую производительность процесса, а также повышенную размерную точность получаемых отливок.

Недостатками этих смесей являются повышенная хрупкость и осыпаемость полученных стержней, особенно проявляющиеся при продувке CO₂, гигроскопичность стержней и склонность их к разупрочнению при хранении, а также затрудненная выбиваемость из отливок.

Для жидкостекольных смесей в качестве разделительного покрытия используют состав, содержащий 30% хлористого кальция, 65% воды и 5% ДС-РАС.

Технологические операции при изготовлении стержней представлены на схеме приведенной на рисунке 1.8.

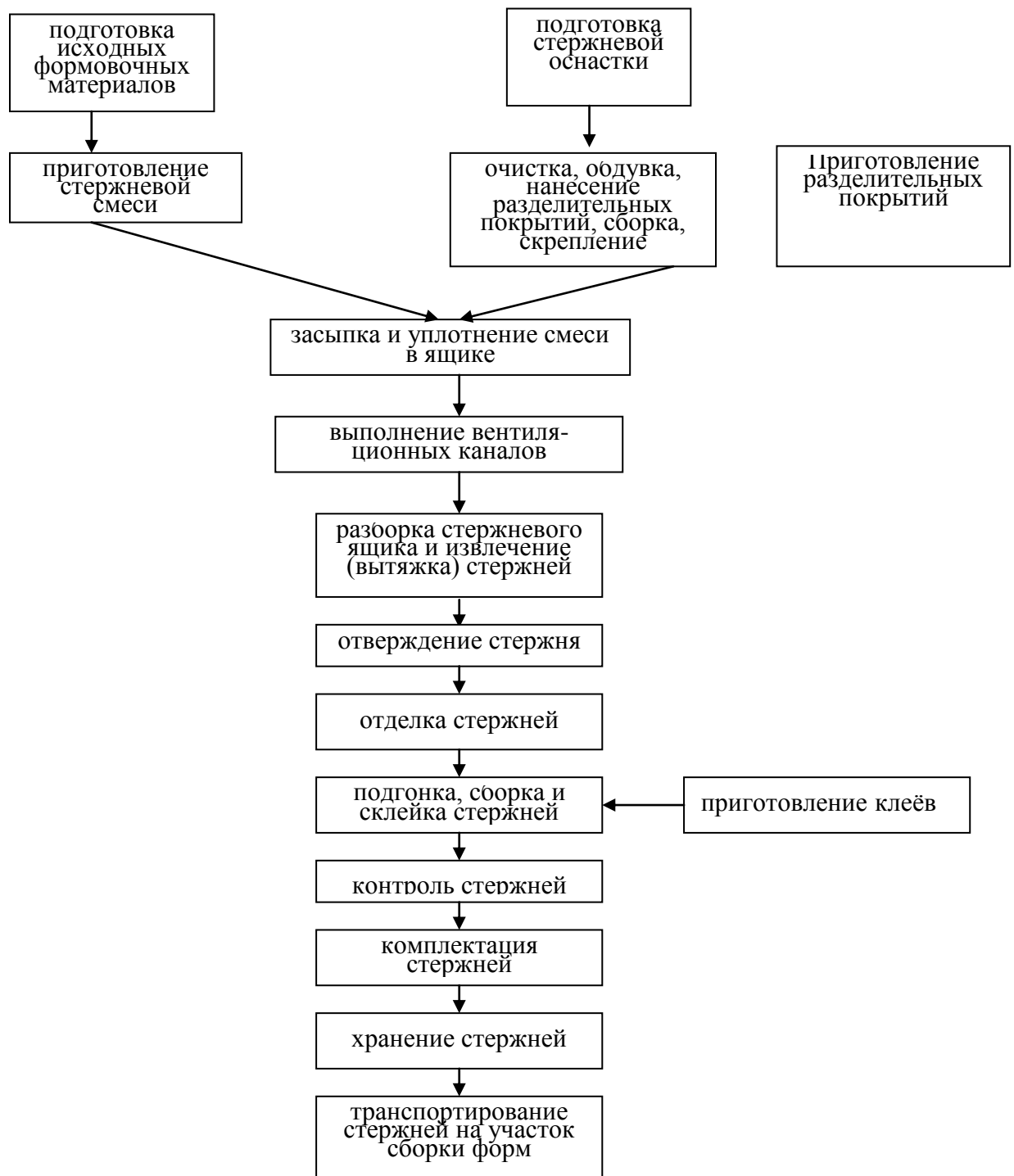


Рисунок 1.8 - Технологические операции при изготовлении стержней

1.5.3 Подготовка оснастки

Любой из перечисленных технологических процессов начинается с подготовки стержневой оснастки, включающей проверку ее комплектности,

оценку технического состояния и приведение оснастки в рабочее состояние. Эскиз стержневых ящиков представлен на рисунке 1.9.

Осмотр и очистка стержневых ящиков: подготовка стержневых ящиков включает визуальный осмотр и очистку внутренней поверхности ящика от остатков стержневой смеси щеткой, кистью и другими инструментами. Внутренняя поверхность особенно углубления и поднутрения, промежутки между ребрами, гнезда отъемных частей, углы и все поверхности соединения отдельных частей ящика должны быть чистыми, не иметь трещин, забоин и других дефектов. При необходимости ящик протирают влажной тряпкой. После этого ящики протирают досуха ветошью. Зазоры между отдельными частями ящика должны быть не более 1,0 - 1,5 мм. Для изготовления стержней используются деревянные стержневые ящики с вертикальным разъемом.

Нанесение разделительных покрытий: после проверки и подготовки ящика его рабочую поверхность покрывают разделительными составами, чтобы предотвратить прилипаемость смеси к поверхности стержневого ящика и облегчить выем из него стержня. Для жидкостекольных смесей в качестве разделительного покрытия используют состав, содержащий 30% хлористого кальция, 65% воды и 5% ДС-РАС.

1.5.4 Уплотнение смеси

Необходимая прочность стержней достигается уплотнением смеси в стержневом ящике. Чем больше уплотняющее смесь усилие, тем выше прочность стержней в сыром состоянии. Однако увеличение прочности стержней в процессе уплотнения имеет определенный предел. Степень уплотнения смеси характеризуется ее плотностью, т. е. массой 1м³ смеси в килограммах. Насыпная масса стержневой смеси составляет 900 - 1100 кг/м³, а после уплотнения - 1450 - 1650 кг/м³.

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

Особенное значение степень уплотнения стержней приобретает при использовании традиционных технологических процессов изготовления стержней. В этом случае прочность стержней в сыром состоянии должна быть достаточной для того, чтобы при транспортировке и сушке стержни не деформировались и не разрушались. Кроме того, при недостаточном и неравномерном уплотнении снижается прочность стержня или его отдельных мест, в стержнях образуются пористые, рыхлые, с повышенной осыпаемостью участки, в результате чего ухудшается качество поверхности отливки, образуются механический пригар и песчаные раковины.

Неравномерность уплотнения стержней может привести также к их растрескиванию. С другой стороны, нельзя переуплотнять стержни, так как в этом случае могут значительно уменьшиться податливость стержней и их газопроницаемость, что повышает опасность появления горячих трещин и газовых раковин в отливках. Поэтому операция уплотнения смеси требует от стерженщика ручной формовки высокой квалификации и знания особенностей технологических процессов изготовления стержней и отливок.

1.5.5 Выполнение вентиляционных каналов

Для вывода газов, образующихся при заливке формы расплавом, в стержнях выполняют вентиляционные (газоотводные) каналы. Устройство искусственной вентиляции в стержнях производят таким образом, чтобы расплав при заливке не попадал в газоотводные каналы. При выполнении каналов вентиляционной иглой следует строго следить, чтобы наколы не доходили на 10-15 мм до поверхности стержня, соприкасающейся с жидким сплавом. В случае выхода наколов на рабочую поверхность стержня их заделывают стержневой смесью.

Наколы должны выполняться примерно на расстоянии 25-30 мм один от другого. По возможности основной газоотводный канал должен проходить по оси симметрии стержня.

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21

1.5.6 Отверждение смеси

Отверждение смеси осуществляется продувкой смесью воздуха и газа CO_2 . Для затвердевания смеси на жидком стекле практически требуется время от 5 до 15 мин. Продувка производится через зонт. На полуформу устанавливается зонт, плотно прилегающий к краям опоки благодаря резиновой прокладке. К зонту по резиновому шлангу подается смесь воздуха и газа CO_2 , которая проникает через слой смеси и реагирует с жидким стеклом. При этом влага не испаряется, а вступает в прочное соединение с составляющими жидкого стекла. После окончания продувки зонт снимают.

1.5.7 Извлечение стержней

Извлечение стержней производится вручную с протяжкой на ладонь.

1.5.8 Отделка стержней

После извлечения из стержневого ящика стержни подвергают отделке. Стержни, извлеченные из ящика, иногда имеют повреждения поверхностей. В этом случае отделочные операции должны производиться немедленно, чтобы избежать поверхностного обсыхания и появления повышенной осыпаемости. В отделочные операции входят дополнительное уплотнение слабых мест, исправление поврежденной поверхности стержня, заделка сквозных отверстий от наколов, скругление острых углов и кромок (кроме знаков), укрепление выступающих частей (тонких бортиков, углов, бобышек и т. п.), удаление и заглаживание заусенцев и рыхлот по разьему стержневого ящика. При проведении указанных отделочных операций необходимо следить за тем, чтобы не нарушалась геометрия стержня. Все плоскости стержня должны оставаться чистыми и гладкими, различные углубления и выступающие части должны иметь четкую конфигурацию.

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22

1.5.9 Контроль, комплектация и хранение стержней

Контроль стержней: контроль осуществляют работники отдела технического контроля (ОТК) или мастер участка. Эта ответственная операция обеспечивает размерную точность и качество изготавливаемых отливок. Так, увеличение размеров стержня может привести к браку отливок из-за недостатка припуска на механическую обработку, а уменьшение размеров стержня приводит к перерасходу металла и к увеличению трудоемкости механической обработки отливок.

Контроль стержней начинают с их осмотра. При внешнем осмотре стержня обращают внимание на целостность и плотность стержня, состояние его поверхностей, взаимное положение частей, точность спаривания, заделку швов, качество окраски и сушки, наличие вентиляционных каналов и т. п.

При проверке геометрических размеров применяют специальный измерительный инструмент: шаблоны, линейки, щупы и различные приспособления. Стержень считают годным, если проходной шаблон, определяющий максимальный размер стержня, проходит, а непроходной - не проходит. Губки шаблонов имеют достаточно большие размеры (ширину 10-25 мм, длину 8 - 20 мм), чтобы предотвратить повреждения поверхности стержня при его измерениях.

Стержни, которые еще можно исправить, возвращают на участок отделки и сборки стержней и после исправления дефектов их вновь контролируют.

$A = 9,12$ мм - размер проходного шаблона, определяющего максимальный размер стержня, $B = 9$ мм - размер непроходного шаблона, определяющего минимальный размер стержня.

Хранение и комплектация стержней: после контроля стержни поступают на склад, где их укладывают на плиты, этажерки или короба. Чтобы стержни не ломались, укладывать их следует плотно друг к другу, желательно на войлок или другие эластичные материалы. Помещение склада

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23

должно иметь нормальные температуру и влажность. Срок хранения стержней не должен превышать 5 - 7 дней.

Перед отправкой стержней на сборку форм их комплектуют по наименованию. Стержни доставляют по наименованиям на передвижных этажерках на участок сборки форм.

1.6 Расчет и конструирование литниково-питающих систем

1.6.1 Исходные данные для расчета

Массу заливаемого металла рассчитаем по формуле

$$G = N \cdot (G_{\text{заг}} + G_{\text{прип}} + G_{\text{приб}}), \quad (1.1)$$

где N – количество отливок, шт;

$G_{\text{заг}}$ – масса заготовки, кг;

$G_{\text{прип}}$ – масса литниковой системы, кг;

$G_{\text{приб}}$ – масса прибыли, кг.

Массу заготовки рассчитаем по формуле

$$G_{\text{заг}} = G_{\text{дет}} + 4 \cdot (G_{\text{отв } \varnothing 5} + G_{\text{отв } \varnothing 14}), \quad (1.2)$$

где $G_{\text{де}}$ – масса детали, кг;

$G_{\text{отв } \varnothing 5}$ – масса металла отверстия диаметром 5 мм, кг;

$G_{\text{отв } \varnothing 9}$ – масса металла отверстия диаметром 9 мм, кг.

Массу металла отверстия диаметром 5 мм рассчитаем по формуле

$$G_{\text{отв } \varnothing 5} = V_{\text{отв } \varnothing 5} \cdot \rho, \quad (1.3)$$

$$G_{\text{отв } \varnothing 5} = 3,14 \cdot 0,025^2 \cdot 0,0555 \cdot 2,7 = 0,0029.$$

Массу металла отверстия диаметром 9 мм рассчитаем по формуле

$$G_{\text{отв } \varnothing 14} = V_{\text{отв } \varnothing 14} \cdot \rho, \quad (1.4)$$

$$G_{\text{отв } \varnothing 9} = 3,14 \cdot 0,045^2 \cdot 0,0045 \cdot 2,7 = 0,0018$$

$$G_{\text{заг}} = 0,09 + 4 \cdot (0,0029 + 0,0018) = 0,1088.$$

Массу прибылей принимаем равной 30% от массы отливки, т.е.:

$$G_{\text{приб}} = 0,3 \cdot 0,150 = 0,045$$

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		24

$$G=1 \cdot (0,1088+0,0171+0,045)=0,1709.$$

Для сплава АК8л и данной отливки применим расширяющуюся литниково-питающая система.

1.6.2 Расчет ЛПС

Для сплава АК8л расчет ведется по формуле

$$\sum F_{num} = \frac{G}{t \times k}, \quad 1.5$$

где: t- время заливки, с;

k- массовая скорость в заливке формы, кг/см²·с.

Время заливки определим по закону квадратного корня по формуле

$$t=S \cdot \sqrt{G}, \quad 1.6$$

где S – коэффициент.

Из таблицы 1.6 выбираем значение коэффициента S.

Таблица 1.6-Значение коэффициента s

δ - толщина стенки отливки, мм	Коэффициент S	
	Силумины	Бронзы
до 6	1,8	0,65
6-10	2,0	0,70
10-15	2,2	0,75
15-20	2,4	0,80
20-40	2,6	0,90
40-60	3,0	1,10

Принимаем S= 1,8.

$$t=1,8 \cdot \sqrt{0,1709} =0,744$$

Коэффициент k выбирается исходя из коэффициента γ, а он в свою очередь выбирается из таблицы 1.7.

Таблица 1.7-Значение коэффициента k

Коэффициент γ									
γ	До 0,3	0,3-0,5	0,5-1,0	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0
k	0,2	0,22	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	-	-

$$\gamma= G/V,$$

где V- объем заливаемого металла.

$$\gamma=0,1709/0,0633=0,27$$

Принимаем $k=0,2$.

Тогда:

$$\sum F_{num} = \frac{0,1709}{0,744 \cdot 0,2} = 1,15 \text{ см}^2$$

Исходя из соотношений

$$F_{ст}^{низ} : F_{шл} : F_{пит} = 1 : 2 : (2 - 3)$$

Принимаем $F_{шл}=1 \text{ см}^2$ и $F_{ст}^{низ}=0,5 \text{ см}^2$.

$$F_{ст}^{верх} : F_{ст}^{низ} = (1,7-1,5) : 1.$$

Тогда $F_{ст}^{верх}=0,8 \text{ см}^2$.

Для полученного значения $F_{пит}=1,15 \text{ см}^2$ принимаем размер питателя $0,7 \times 1,5$; где $a=7 \text{ мм}$ – высота питателя и $b=15 \text{ мм}$ – ширина питателя.

Так как $F_{ст}^{верх}=0,8 \text{ см}^2$, то диаметр верха стояка вычислим по формуле

$$d_{ст}^{верх} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ст}^{верх}}{\pi}}, \quad (1.7)$$

$$d_{ст}^{верх} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,8}{3,14}} = 1,009$$

Принимаем $d_{ст}^{верх}=10 \text{ мм}$.

Так как $F_{ст}^{низ}=0,5 \text{ см}^2$, то диаметр низа стояка вычислим по формуле

$$d_{ст}^{низ} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ст}^{низ}}{\pi}},$$

$$d_{ст}^{низ} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,5}{3,14}} = 0,798.$$

принимаем $d_{ст}^{низ}=8 \text{ мм}$.

Так как $F_{шл}=1 \text{ см}^2$, то принимаем размер шлакоуловителя $12 \times 9 \text{ мм}$.

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		26

1.6.3 Расчет прибылей

Тип прибылей - закрытые. Прибыли в данной отливке ставятся непосредственно на тепловые узлы.

Расчет размеров прибыли будем вести по способу П.Ф. Василевского. Для данной отливки имеем следующие соотношения представленные в таблице 1.8, где δ - средняя (или преобладающая) толщина стенки отливки; d - размер основания прибыли; $H_{\text{приб}}$ - высота прибыли.

Таблица 1.8 - Ориентировочные соотношения основных параметров отливки и прибыли

Толщина стенки отливки δ , мм	Отношение диаметра прибыли к толщине стенки отливки	Отношение высоты прибыли к её диаметру	Относительная протяженность прибылей, %
до 50	1,8-2,5	1,8-1,2	20,0-40,0

Исходя из данных соотношений при $\delta=4$ мм, принимаем $d=1,0$ см, $H_{\text{приб}}=1,8$ см.

Вычислим объем прибылей по формуле

$$V_{\text{приб}} = \pi \cdot r^2 \cdot H_{\text{приб}} \quad (1.8)$$

где r – радиус прибыли, см;

$H_{\text{приб}}$ – высота прибыли, см.

$$V_{\text{приб}} = 3,14 \cdot 0,5^2 \cdot 1,8 = 1,42.$$

Вычислим массу прибылей по формуле

$$G_{\text{приб}} = 4 \cdot V_{\text{приб}} \cdot \rho,$$

$$G_{\text{приб}} = 4 \cdot 1,42 \cdot 2,7 = 0,01536.$$

Конфигурация прибылей: цилиндрические по длине, а на конце в виде полусферы.

Размеры воронки примем из соотношения

$$D_{\text{в}} : d_{\text{ст}}^{\text{верх}} = (2,7 \dots 3) : 1 \text{ и } D_{\text{в}} = H_{\text{в}},$$

где $D_{\text{в}}$ - диаметр верхнего сечения воронки, см;

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

H_B - высота воронки.

Так как $d_{ст}^{верх} = 1,0$ см, то принимаем $D_B = H_B = 3,0$ см.

Скорость поднятия уровня металла в форме

$$W = \frac{h_0}{t},$$

где h_0 - габарит отливки, см;

t - время заливки, с.

$$W = \frac{37}{0,744}.$$

Массу отливки вычислим по формуле

$$m_{от} = m_{от-лпс} + m_{лпс},$$

где $m_{от-лпс}$ – масса отливки с учетом массы припусков и прибылей, кг;

$m_{лпс}$ – масса литниково-питающей системы, кг.

$$m_{от} = 0,1709 + 0,1549 = 0,326.$$

1.7 Вывод

Проанализировав выше приведенные расчеты, выбираем способ изготовления отливки - литьем в гипсовые не разъемные формы по выжигаемой модели. В таком способе литья не требуются литейные уклоны и увеличивается точность литья. Для обеспечения заливки применим сужающуюся литниковую систему состоящую из заливочной воронки, стояка, шлакоуловителя. Кроме того необходимо применение выпора для удаления остатков пластика и сажи из полости формы.

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

2.1 Оборудование для изготовления 3D моделей

Имеющийся в наличии 3D принтер Anet A6 работает по технологии FDM (Fused deposition modeling) метод послойного наплавления или экструзия пластика. В этой технологии модель изготавливается нанесением тонких слоев расплавленного материала друг на друга. Основные части принтера представлены на рисунке 2.1. Принтер не имеет автоматической калибровки горячего стола и поэтому требует ручной калибровки взаиморасположения стола и экструдера.

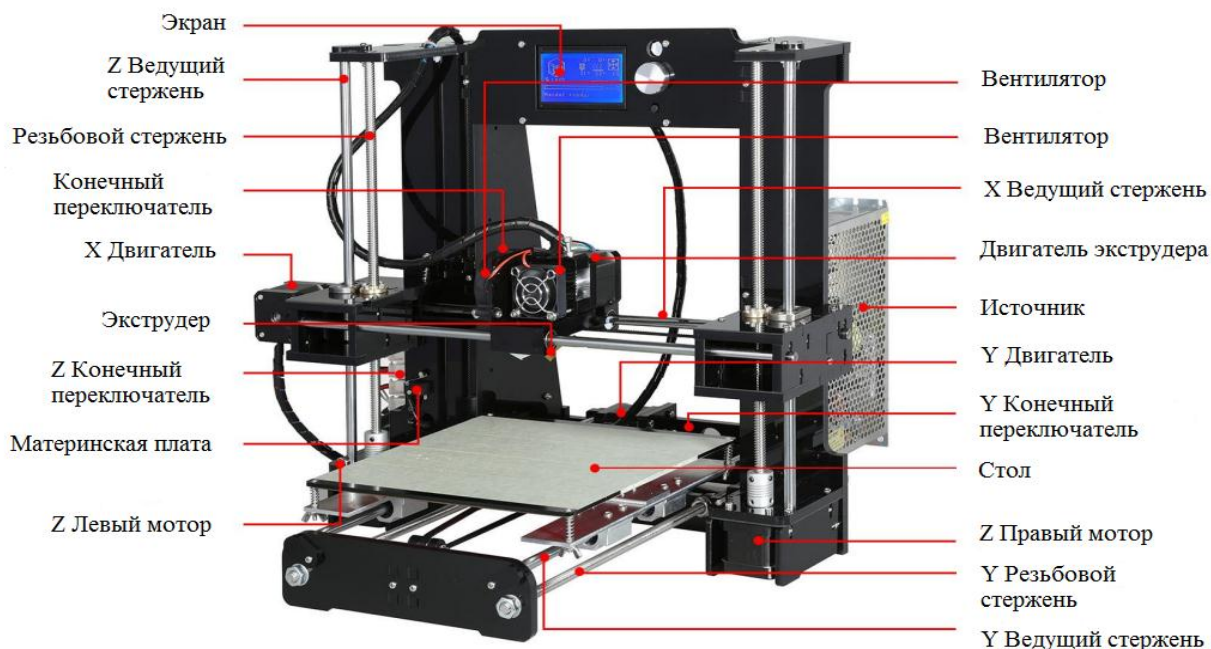


Рисунок 2.1- 3D принтер модели A6

Основные узлы принтера приведенные на рисунке 3.1 - это направляющие по осям, ходовые винты, электродвигатели, экструдер, дисплей, материнская плата, блок питания, конечные выключатели.

Габариты стола 220 на 220 мм. Высота подъема стола 400мм. Принтер может печатать под управление компьютера или с SD карты.

					СКБСФ.1.1.02.01.0000.ПП		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>	<i>Старцев Е.А.</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>	<i>Куриный В.В.</i>					29	
<i>Н.контр.</i>	<i>Куриный В.В.</i>				СКБ Аддитивные технологии		
<i>Утв.</i>					2 Технология проектирования и изготовления 3D моделей		

Для этого на управляющей плате предусмотрена возможность подключения компьютера по USB и разъем для SD карты.

На дисплее отображается информация о текущем состоянии принтера и предусмотрена возможность прямого управления принтера.

2.2 Программное обеспечение для создания 3D моделей

В процессе выполнения выпускной работы были построены модели детали, отливки и литниковой системы. В состав литниковой системы включены заливочная воронка, стояк, шлакоуловитель и выпор.

Построение выше перечисленных моделей производилось в программе SolidWorks 2014 рисунок 2.2

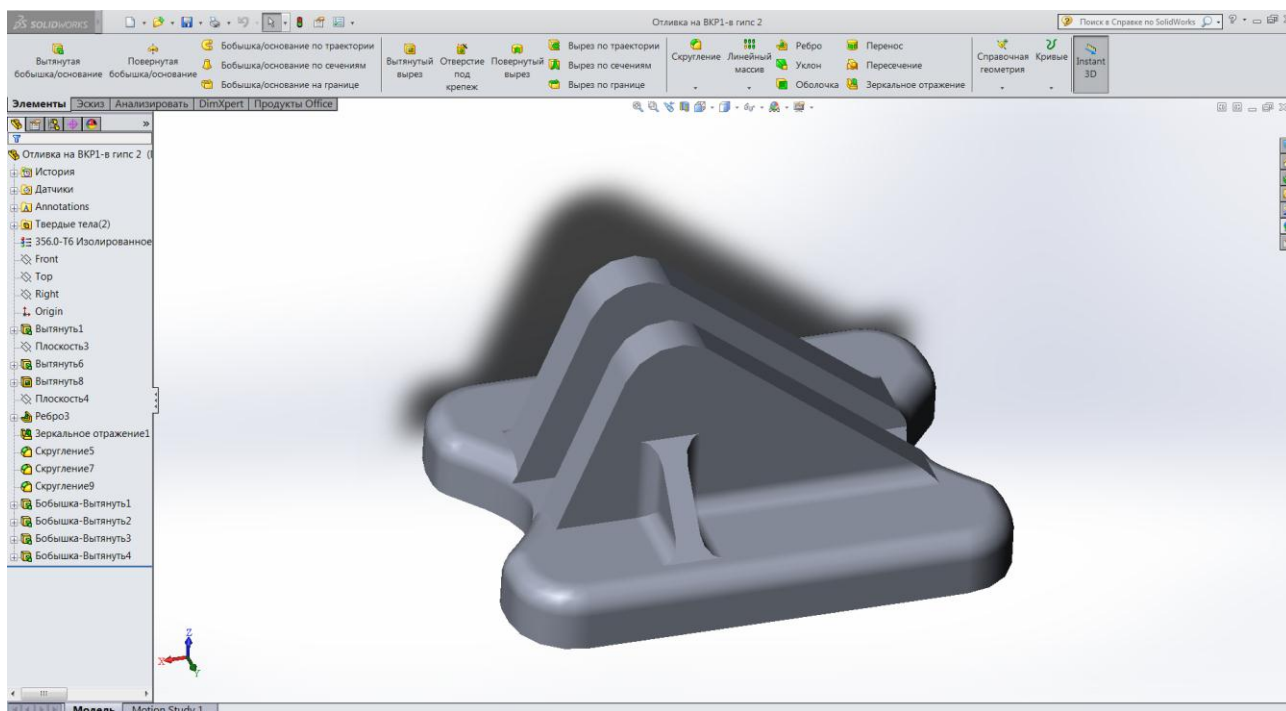


Рисунок 2.2 – Окно программы SolidWorks с моделью отливки

SolidWorks (Солидворкс) — программный комплекс САПР для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

После построения трехмерной, твердотельной модели полученная модель сохраняется в формате .stl и готова для дальнейшей обработки. Прежде чем приступить к печати модели необходимо разбить модели на слои. Для этого предназначенные программы называемые слайсерами. Из четырех наиболее распространенных программ Kisslicer, Cura, Slic3r и Makerbot desktop мы использовали слайсер Cura рисунок 2.3

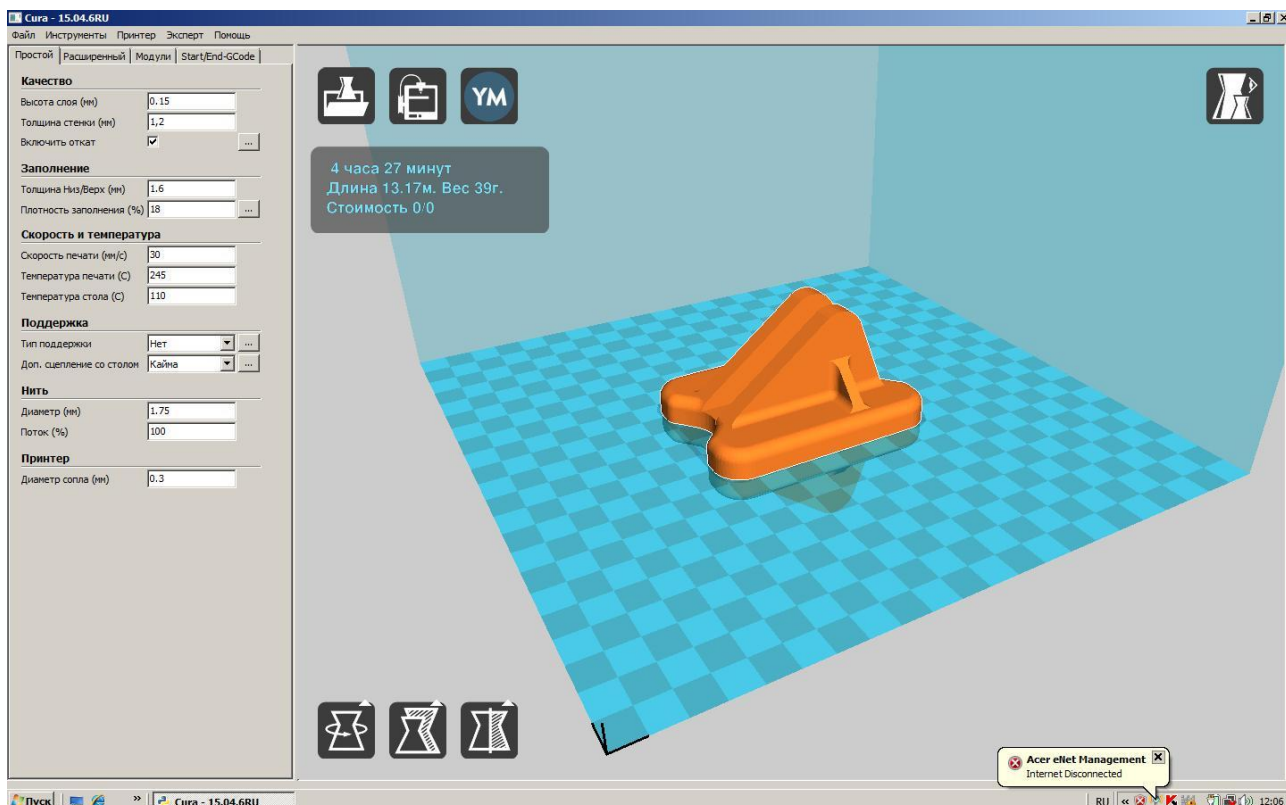


Рисунок 2.3 – Окно слайсера Cura

Слайсер Cura разбивает модель на слои формируя при этом G-код. G-код представляет собой структуру и синтаксис написания команд для обрабатывающего станка. G-код имеет международную базовую структурную основу, утверждённую американской и европейской системами стандартизации. Существует множество специфических дополнений и модификаций, которые локально используют производители станков и крупные корпорации, выпускающие оборудование.

Cura -является программным обеспечением ,которое используется для нарезания на слои моделей для последующей печати на 3D принтере. Можно

регулировать скорость, температуру, высоту слоя, плотность заполнения, температуру платформы, толщину стенок. Исходя из настроек автоматически рассчитывается расход материала, вес модели, время печати. Имеет открытый код.

После того, как G-код сформирован его можно сохранить в файл. в формате .gcode. Напечатать модель можно непосредственно из слайсера или на принтере с SD карты.

Но оптимальной является печать из специальной программы Repetier-Host. Repetier-Host предназначена для управления 3D принтером. На рисунке 2.4 показано окно программы Repetier-Host.

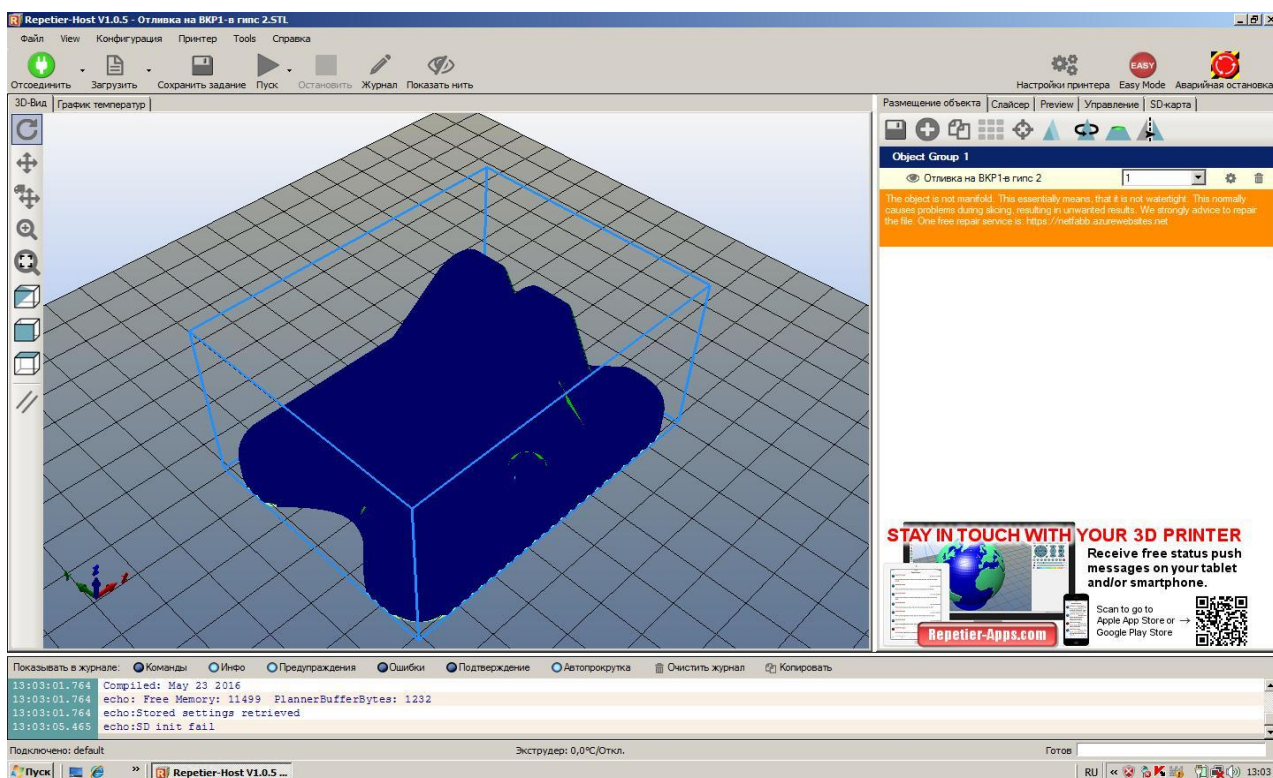


Рисунок 2.4 – Окно программы Repetier-Host

2.3 Материалы для печати

Для печати предназначен филамент из пластика. Имеющийся принтер печатает филаментом диаметром 1,75 мм. В наличии имеется три вида филамента.

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32

ABS. Это типовой инженерный «allpurpose» пластик. Он прекрасно обрабатывается и клеится, и им печатается большая часть моделей. Им печатают при средней (плюс-минус в зависимости от конкретного пластика и предпочтений печатающего) температуре 240 градусов. Т.к. у этого материала сравнительно высокий коэффициент термического расширения, он требует наличия у принтера подогреваемой платформы (heatbed), без которой печать им очень усложняется вплоть до полной невозможности. Самая известная проблема с данным пластиком -деламинация-отклеивания краев модели от стола из-за неоднородности остывания модели при печати.

ABS пластик выпускается во всем спектре цветов. У разных цветов может отличаться качество печати из-за различия в используемых красителей. Есть белый и натуральный ABS. Они похожи, но натуральный идет без матирующего красителя. Если печатать для показа, не крася при этом модель, то лучше использовать белый, в отличие от белого, натуральный немного прозрачный, потому мелкие детали будут скрадываться.

Им печатают при средней (плюс-минус в зависимости от конкретного пластика и предпочтений печатающего) температуре 210-245 °С. Температура стола 90-120 °С.

PLA изготавливается из органического сырья: кукурузного или картофельного крахмала, целлюлозы, сахарного тростника, свеклы. Основная структурная единица PLA пластика – молочная кислота. Благодаря этому материал полностью нетоксичен, безопасен для человека и окружающей среды.

Им печатают при средней (плюс-минус в зависимости от конкретного пластика и предпочтений печатающего) температуре 190-230 °С. Температура стола 0-60 °С. Желателен обдув модели.

HIPS пластик часто используется в качестве поддерживающего материала для 3D печати составных изделий из полимера ABS. Готовая

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		33

модель помещается в специальный цитрусовый состав d-Limonene, растворяющий HIPS. Однако, благодаря своим отличным эксплуатационным характеристикам, схожести по техническим параметрам с ABS пластиком, он может выступать и в качестве основного сырья для печати.

Пластик HIPS производится из полистирола и полибутадиена. Это высококачественный филамент, благодаря которому можно создавать уникальные модели на 3D принтере.

Им печатают при средней (плюс-минус в зависимости от конкретного пластика и предпочтений печатающего) температуре 210-245 °С. Температура стола 90-120 °С.

Основными особенностями HIPS пластика для 3D печати являются:

Экологичный и безопасный для человека материал.

Устойчив к низким и высоким температурам.

Готовые изделия обладают матовой фактурой поверхности.

Не подвержен разложению, устойчив к химическим воздействиям.

В неокрашенном состоянии нить имеет яркий, молочный цвет.

Легкий для постобработки материал.

Из HIPS пластика часто производятся различные типы посуды, так как это не канцерогенный материал.

Готовую модель можно шлифовать, красить, доводить до нужной формы с помощью специальных инструментов, полировать.

2.4 Процесс печати

Для производства моделей выберем пластик ABS по name красного цвета.

После запуска модели на печать начинает греться стол до заданной температуры в 110 °С. На этом этапе печати стол желательно утеплять.

После прогрева стола прогревается экструдер до температуры 245 °С.

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		34

После нагрева принтер приступает к печати. В начале принтер печатает брим или рафт предназначенные для борьбы с деламацией рисунок 2.5.

Рафт-под моделью выстраивается несколько (обычно два) слоя пластика редкими нитями. Получается своеобразная решетка. Ее цель: снизить температурные нагрузки на нижние слои и нивелировать влияние изгиба нагревательной кровати. Это ухудшает качество нижней поверхности распечатываемой детали.

Брим-при этом в первом слое вокруг объекта печатается «блин» на некоторое расстояние.

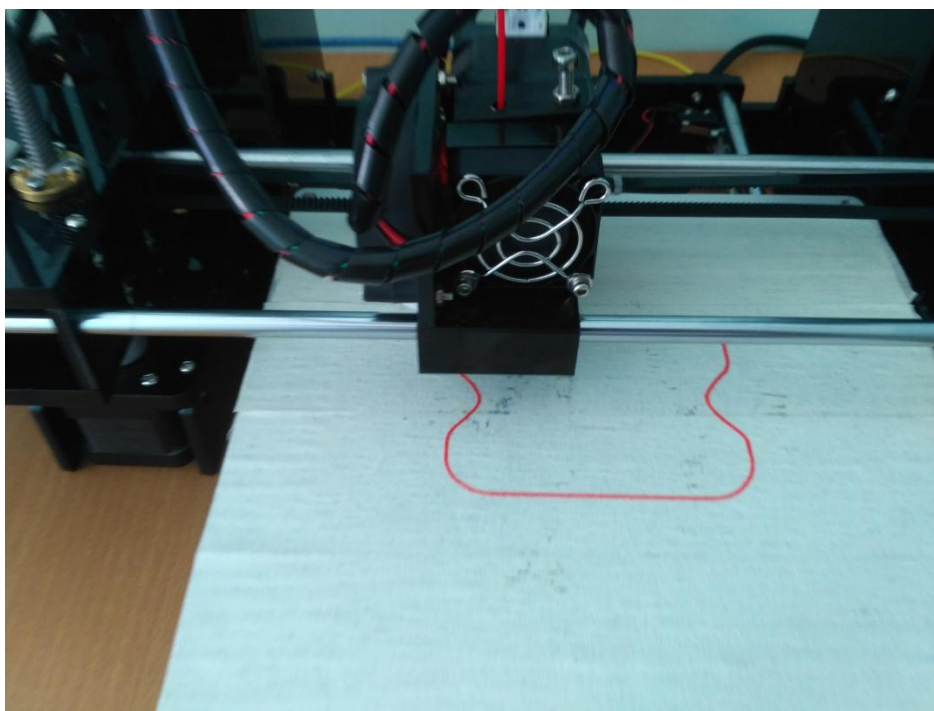


Рисунок 3.5 – Начало печати брима

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Вид и размеры определяются в слайсере. После печати брима принтер приступает к послойному формированию модели. Заполнение модели задали в 20% рисунок 2.6.

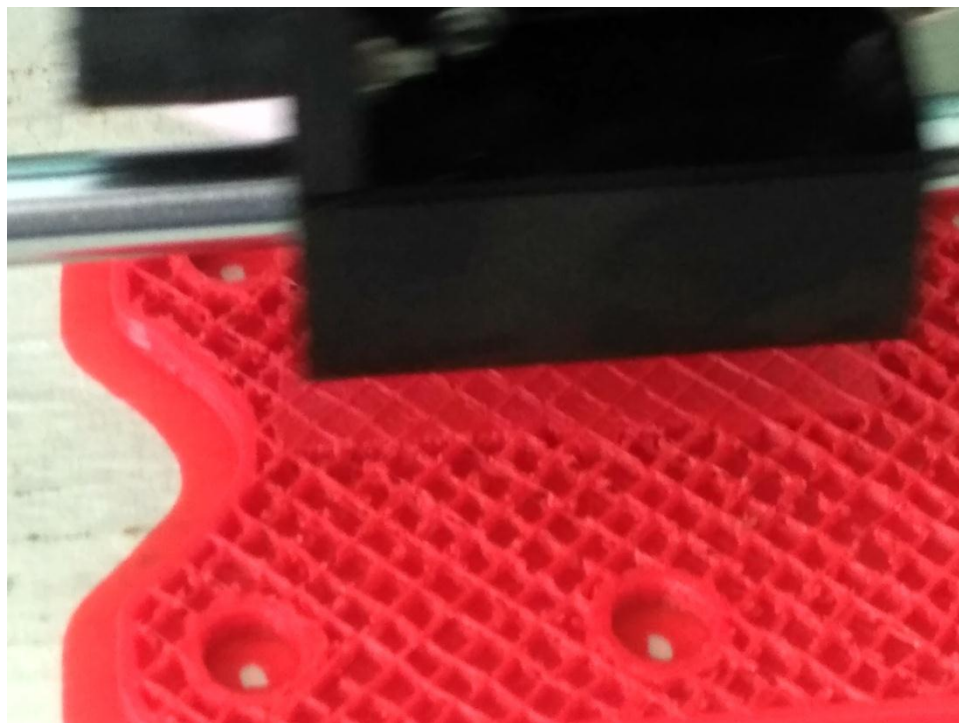


Рисунок 2.6 –Процесс печати модели детали

На рисунке 2.7 приведена фотография изготовленном модели детали

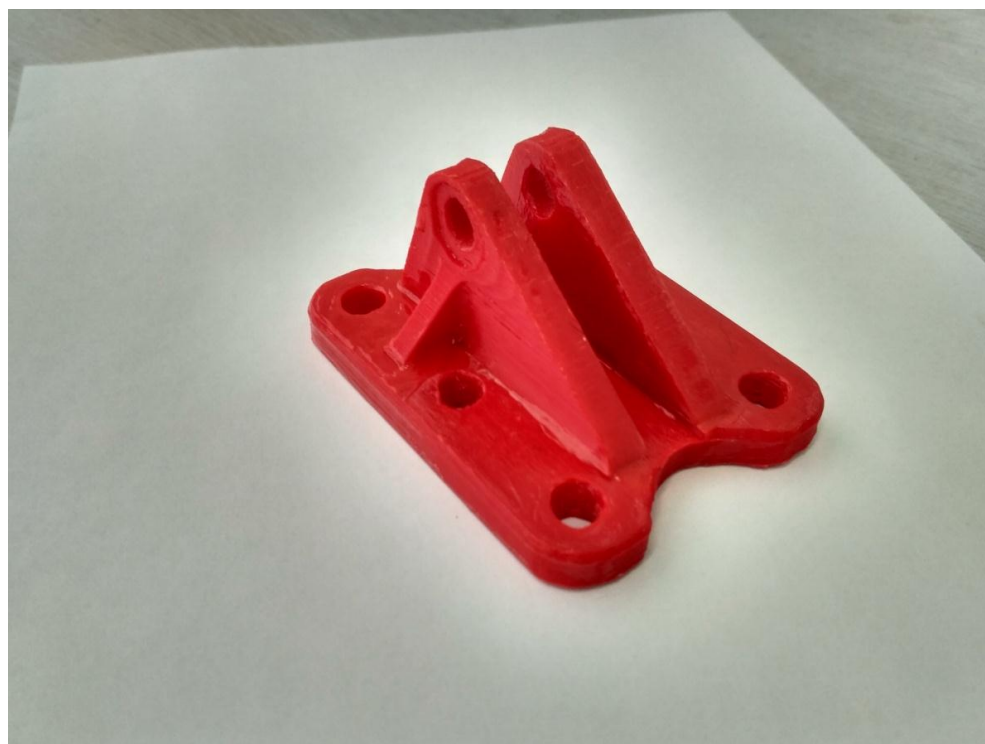


Рисунок 2.7 – Напечатанная модель детали

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП

Лист

36

На рисунке 2.8 приведена фотография модели отливки.

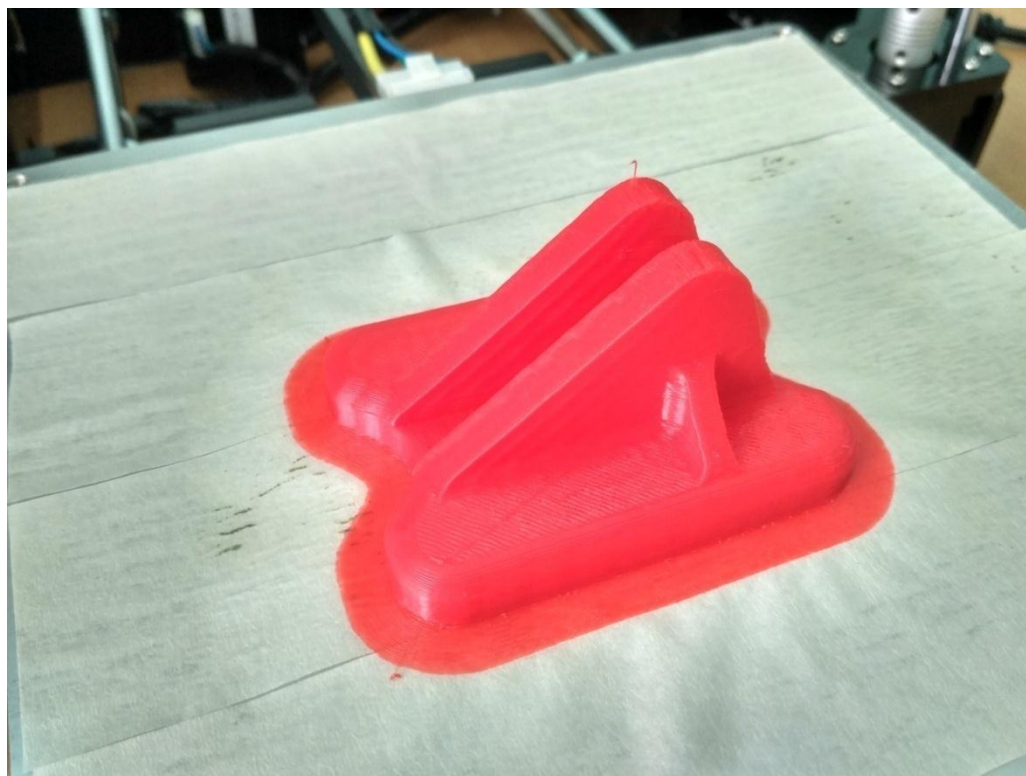


Рисунок 2.8 – Модель отливки

На рисунке 2.9 приведена фотография отливки с распечатанной и прикрепленной литниковой системой.

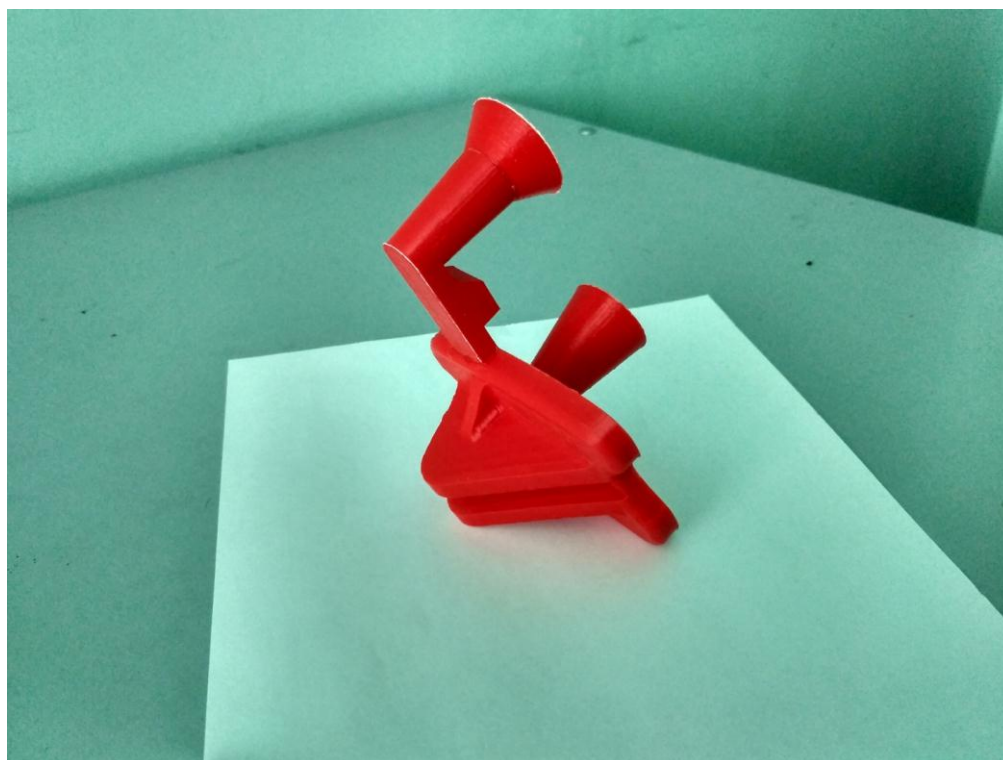


Рисунок 2.9 - Модель отливки с прикрепленной литниковой системой

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП

Лист

37

2.5 Финальная обработка моделей

Финальная обработка моделей применяется для улучшения качества поверхности. Возможны два способа обработки поверхности - механический и химический.

Механическая обработка поверхности заключается в шлифовке мелкой наждачной бумагой. Но наиболее часто применяется химическая обработка. Она заключается в обработке в парах ацетона или дихлорметана.

Блок схема технологии проектирования и изготовления моделей представлена на рисунке 2.10

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		38

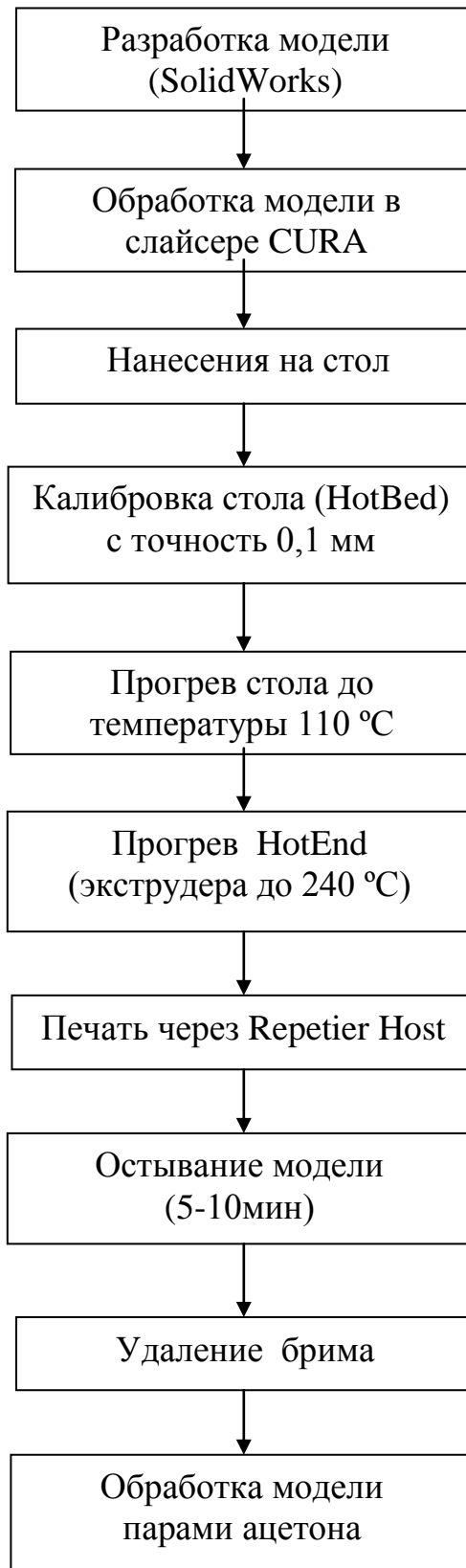


Рисунок 2.10 - Блок схема технологии проектирования и изготовления моделей

2.6 Выводы

Таким образом с применением аддитивных технологий изготовили модели детали, отливки и литниковой системы из пластика ABS. Время печати детали 5,5 часов, отливки 3,2 часа, литниковой системы в сборе 50 минут. Общая продолжительности печати модели отливки и литниковой системы 4,1 часа. Качество полученных моделей удовлетворительное.

					СКБСФ.1.1.01.01.0000.ПП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		40