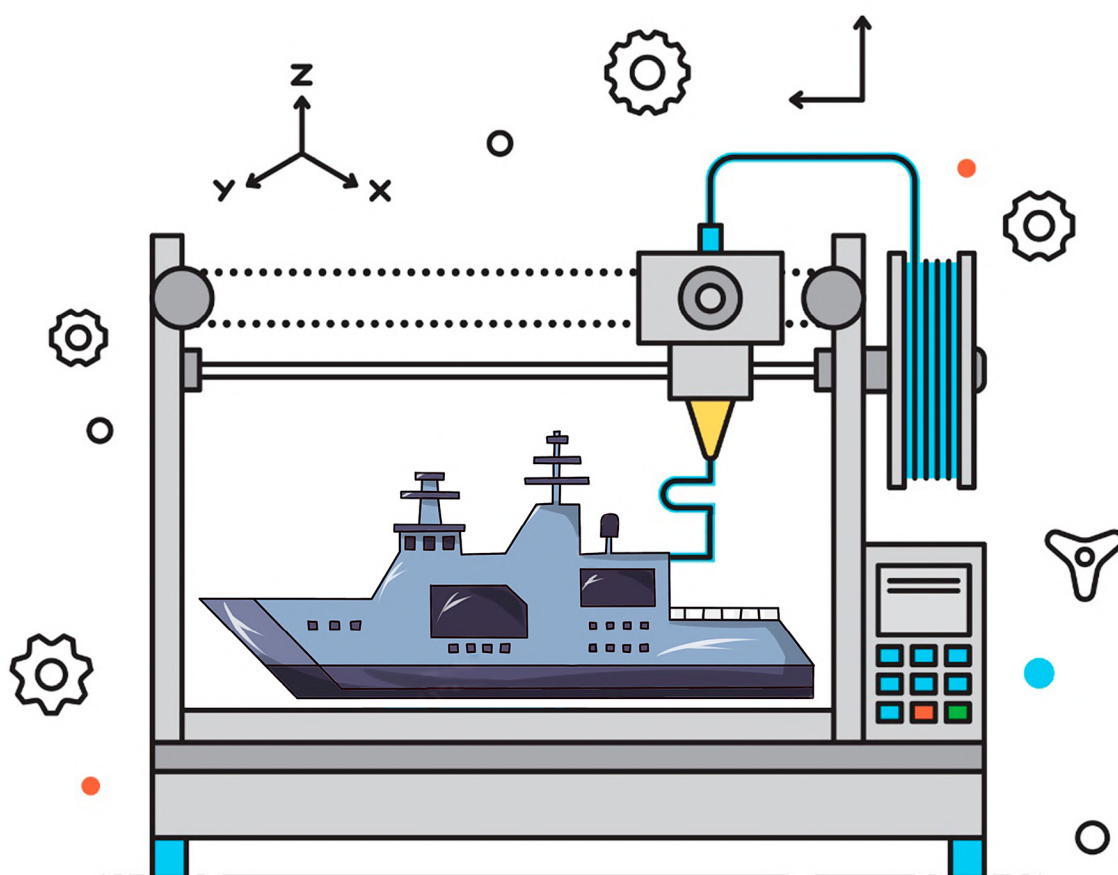


Применение современных аддитивных технологий в судомоделировании при создании копийных моделей судов

Методические рекомендации



г. Хабаровск, 2025 г.

Печатается по решению
научно-методического совета
КГАОУ ДО РМЦ
протокол № 04 от 20.11.2024 г.

Применение современных аддитивных технологий в судомоделировании при создании копийных моделей судов. Методические рекомендации / В.К. Рудаков, Е.В. Романова; под общ. ред. Е.А. Хорошиловой — Хабаровск: КГАОУ ДО РМЦ, 2025. — 28 с.

Ответственный редактор: Н.Н. Ефремова
Ответственный за выпуск: Е.А. Хорошилова
Дизайн обложки: В.А. Тирская

В методических рекомендациях рассматривается применение аддитивных технологий в процессе обучения школьников по программам судомоделирования. Приводится обзор видов 3D-принтеров и материалов для 3D-печати, рассматриваются особенности использования их в образовательном процессе. Опыт использования 3D-технологий при реализации дополнительных общеобразовательных общеразвивающих программ в объединении «Судомоделирование» Центра технического и цифрового образования «ТЕХНО-IT-куб» убедительно доказывает, что аддитивные технологии значительно повышают интерес к техническому творчеству, развивают творческие способности и проектное мышление обучающихся.

Методические рекомендации адресованы педагогам дополнительного образования, учителям, ведущим внеурочную деятельность по технической направленности.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	2
1. Аддитивные технологии и их использование в судомоделировании.....	3
2. Особенности материалов для экструзионной и полимерной 3D-печати.	
2.1. Особенности материалов для экструзионной 3D-печати (FDM/FFF)	7
2.2. Особенности материалов для фотополимерной 3D-печати (SLA/DLP).....	10
3. Подготовка к 3D-печати и постобработка.	
3.1. Подготовка к печати и постобработка при использовании экструзионной 3D-печати.....	10
3.2. Подготовка к печати и постобработка при использовании фотополимерной 3D-печати.....	14
4. Применение 3D-печати на различных этапах создания копийных моделей судов.	
4.1. Подготовка цифровой модели.....	17
4.2. Печать деталей и их постобработка. Работа с композитными материалами.....	19
4.3. Сборка моделей и финальная доработка.....	21
5. Преимущества и проблемы использования аддитивных технологий в судомоделировании.....	22
6. Перспективы развития судомоделирования с учётом новых технологий.....	23
Заключение.....	24
Список использованной литературы и интернет-источников.....	24

Введение

Современное судомоделирование представляет собой увлекательное и высокотехнологичное направление, в котором сочетаются инженерные знания, творческий подход и увлечение миром судоходства. В последние десятилетия технологии конструирования моделей судов претерпели значительные изменения, и одним из наиболее заметных достижений стало внедрение аддитивных технологий (3D-печати), которые существенно повлияли на методы проектирования и изготовления моделей.

Исторически судомоделирование было связано с ручной работой, требующей высокой точности и аккуратности. Однако с развитием технологий появился новый инструмент для проектирования и производства моделей — 3D-моделирование. Этот процесс подразумевает создание трёхмерных цифровых моделей судов, которые затем можно распечатать с помощью 3D-принтеров. Таким образом, можно не только увидеть виртуальную модель, но и создать её физический прототип.

3D-моделирование позволяет судомоделистам и конструкторам значительно сократить время, затрачиваемое на изготовление моделей, и повысить их точность. В отличие от традиционных методов, когда моделисты вручную вырезают детали, работая с деревом, пластиком и металлом, 3D-технологии позволяют моделям быть сконструированными на компьютере, после чего они могут быть автоматически выведены с помощью 3D-принтера. Это не только ускоряет процесс, но и значительно сокращает вероятность ошибок, которые могут возникать при ручной работе.

Особую роль 3D-технологии играют в судомodelьном спорте. Модели, создаваемые для спортивных соревнований, должны отвечать строгим требованиям по скорости, маневренности и устойчивости на воде. 3D-моделирование позволяет быстро адаптировать конструкцию судна под различные условия соревнований, а также проводить виртуальные испытания, не тратя времени на создание физических прототипов. Это позволяет спортсменам и конструкторам более точно настроить модели перед важными соревнованиями, что даёт конкурентные преимущества.

Помимо того, что 3D-технологии позволяют конструировать более сложные и качественные модели, они также открывают новые возможности для обучения и развития навыков у молодых судомоделистов. С помощью специализированных программ для 3D-моделирования учащиеся могут не только научиться основам проектирования, но и познакомиться с современными методами создания моделей, что является важным навыком в области инженерии и технологий.

Важным является также то, что для судомоделирования используются различные виды 3D-принтеров и материалов. Это могут быть как устройства, работающие с пластиком, так и более сложные принтеры, которые работают с металлом и с другими материалами. Применение различных материалов позволяет создать модели с разными характеристиками, в том числе устойчивые к воздействию воды, устойчивые к механическим повреждениям или с улучшенными гидродинамическими свойствами.

Таким образом, использование 3D-технологий в судомоделировании значительно улучшает процесс конструирования и детализации моделей, а также способствует развитию судомодельного спорта, предоставляя новые возможности для создания высококачественных и высокотехнологичных моделей. 3D-технологии не только ускоряют процессы проектирования, но и делают их более доступными, что открывает новые горизонты для всех, кто интересуется этим увлекательным и многогранным направлением.

Предлагаемые методические рекомендации основаны на опыте реализации дополнительных общеобразовательных общеразвивающих программ в объединении «Судомоделирование» помимо очного, ещё и в дистанционном и очно-дистанционном форматах. Такая форма обучения реализуется нашим Центром уже третий год и позволяет обучающимся из отдалённых территорий Хабаровского края учиться конструировать модели кораблей и овладевать навыками работы с использованием аддитивных технологий при создании действующих копийных моделей. Так помимо ускорения процесса создания моделей судов, современные технологии позволяют организовать обучение в различных форматах.

1. Аддитивные технологии и их использование в судомоделировании

Аддитивные технологии представляют собой метод послойного создания изделия на основе цифровой модели. В судомоделировании они позволяют воспроизводить сложные элементы корпусов судов, надстроек и мелких деталей, что ранее требовало значительных временных и материальных затрат.

Существует несколько методов 3D-печати, подходящих для изготовления моделей судов:

1. Моделирование методом послойного наплавления Fused Deposition Modeling (FDM) — аддитивная технология, широко используемая при создании трёхмерных моделей, при прототипировании и в промышленном производстве. Технология FDM была разработана С. Скоттом Крапом в

конце 1980-х годов и вышла на коммерческий рынок в 1990 году. Оригинальный термин «Fused Deposition Modeling» и аббревиатура FDM являются торговыми марками компании «Stratasys». Энтузиасты 3D-печати, участники проекта RepRap, придумали аналогичный термин «fused filament fabrication» («производство способом наплавления нитей») — послойное наплавление нити из термопластика. Метод послойного наплавления применяется в судомоделировании для создания крупных элементов, таких, например, как корпус судна.



Рисунок 1. Распечатанный корпус катера.

2. Лазерная стереолитография (SLA (Stereolithography) и DLP (Digital Light Processing)) — это первая технология аддитивного производства, которая была запатентована в 1984 году Чаком Халлом. Данная технология лазерного отверждения фотополимерной смолы позволяет получать высокодетализированные мелкие элементы.

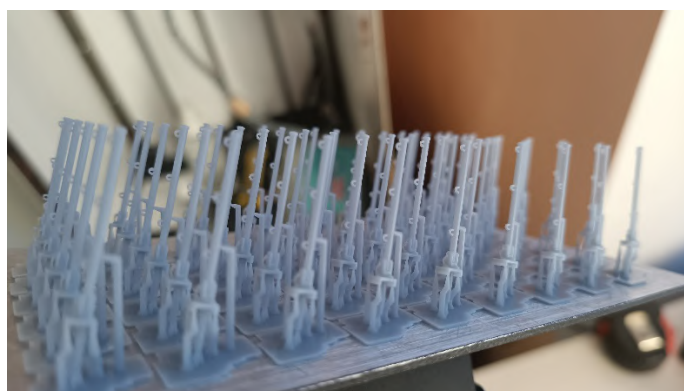


Рисунок 2. Пример печати леечных стоек в масштабе 1:50.

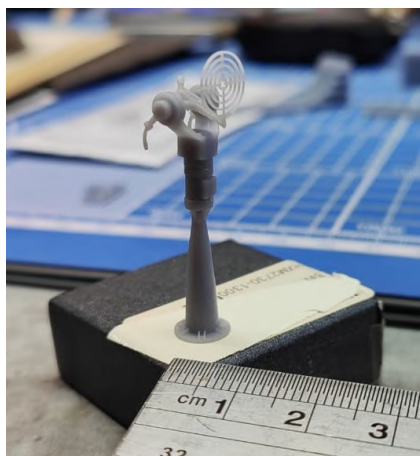


Рисунок 3. Пример печати визирной колонки в масштабе 1:50.

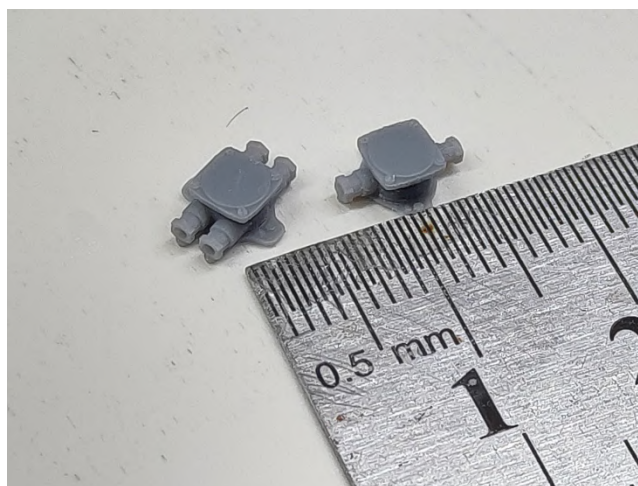


Рисунок 4. Пример печати распределительных коробок в масштабе 1:30.

3. Селективное лазерное спекание SLS (Selective Laser Sintering)

— это метод аддитивного производства, который заключается в спекании мелкодисперсного порошкового (обычно, полимерного) материала с помощью лазера. Процесс фокусирования лазерного излучения с помощью системы зеркал осуществляется автоматически по заранее созданной 3D-модели, которая может быть создана в графическом 3D-редакторе.

Каждый из методов имеет свои особенности и применяется в зависимости от требований к детализации, прочности и размерам модели. FDM-печать является наиболее доступной и широко распространённой, но она уступает SLA и SLS в точности исполнения деталей. SLA-печать позволяет создавать элементы с высочайшей детализацией, что особенно важно при изготовлении мелких частей, таких как иллюминаторы, винты и декоративные элементы. SLS-печать обеспечивает высокую прочность деталей, что делает её незаменимой при создании несущих конструкций моделей.



Рисунок 5. Пример SLS-печати.

В образовательных организациях чаще всего используют моделирование методом послойного наплавления (FDM) и лазерную стереолитографию (SLA).

На российском рынке в настоящее время более 100 производителей 3D-принтеров и 3D-сканеров. Как подобрать оптимальную модель, учитывая её возможности, характеристики и стоимость? На какие модели обратить внимание, имея ввиду различный уровень подготовки обучающихся?

Вот некоторые требования, которые следует учитывать при выборе 3D-оборудования для учебных задач:

- простота в освоении и обслуживании;
- доступная цена;
- наличие ПО на русском языке или простой интерфейс;
- доступность расходных материалов;
- официальная гарантия и сервис;
- наличие надёжного поставщика, работающего с государственными закупками.

При выборе 3D-принтера для детей первостепенное внимание следует уделить безопасности и простоте использования. Модель должна быть компактной, обязательно с закрытым корпусом, чтобы защитить детей от высоких температур нагреваемых элементов, таких как сопло и платформа для печати.

Также важна простота настройки и калибровки принтера, чтобы ребёнок мог самостоятельно справляться с подготовкой его к печати. Дополнительным плюсом будет наличие экструдера, который поддерживает несколько видов филаментов, например, PLA и ABS, позволяя экспериментировать с разными материалами.

Выбор 3D-принтера для детей предполагает учёт специфических требований, в том числе безопасности, простоты использования и обучения.

Дети могут получить огромную пользу от занятий 3D-печатью, так как это стимулирует развитие творческого мышления, содействует развитию инженерных навыков и пониманию технологических процессов.

2. Особенности материалов для экструзионной и фотополимерной 3D-печати

3D-печать стала одной из наиболее востребованных технологий производства, поскольку позволяет создавать изделия сложной формы из различных материалов. В зависимости от технологии печати применяются разные типы материалов, каждый из которых требует определённой подготовки и последующей обработки.

Рассмотрим особенности материалов, используемых в экструзионной (FDM/FFF) и фотополимерной (SLA/DLP) 3D-печати.

2.1. Особенности материалов для экструзионной 3D-печати (FDM/FFF)

В экструзионной 3D-печати основными материалами являются термопласты в виде филаментов (пластиковых нитей).

Наиболее популярные из них:

- **PLA (полилактид)** — это полилактидная кислота, которая является биополимером, произведённым из возобновляемых источников, таких как кукурузный крахмал или сахарный тростник. Это биосовместимый и лёгкий в печати материал, не требующий подогреваемого стола, но обладающий низкой термостойкостью, доступен в различных цветах. Используя PLA, можно печатать объекты с тонкими слоями и острыми углами. Этот материал — отличный выбор для образовательных целей и работы с детьми, так как он безопасен для здоровья и окружающей среды. Многие любители и профессионалы предпочитают именно этот материал.
- **ABS (акрилонитрил-бутадиен-стирол)** — прочный и термостойкий материал, требует подогреваемого стола и закрытой камеры для предотвращения деформации.
- **PETG (полиэтилентерефталат-гликоль)** — сочетает прочность ABS и простоту печати PLA, устойчив к влаге. Полученный из ископаемого топлива, PETG устойчив к высоким температурам. Прозрачность и

высокая прочность PETG делают его подходящим для создания эстетически привлекательных и прочных предметов. Это фаворит среди профессиональных материалов, часто используется при массовом производстве 3D-деталей для отделки.

- **TPU (термопластичный полиуретан)** — прочный, гибкий и прозрачный материал, использующийся для создания эластичных и устойчивых к ударам изделий.
- **Nylon (полиамид)** — обладает высокой прочностью и устойчивостью к химическим воздействиям, но требует тщательной сушки перед печатью.



Рисунок 6. Пример пластика для экструзионной печати разных цветов.

Для 3D-печати с детьми лучше всего подходят филаменты PLA поскольку они являются биоразлагаемыми и не токсичными, в отличие от ABS пластика, который при нагревании может выделять вредные для здоровья испарения.

При выборе материалов всегда следует обращать внимание на то, поддерживает ли ваш принтер работу с выбранными филаментами.

PLA филамент обладает следующими преимуществами:

- **биоразлагаемость.** PLA можно утилизировать в промышленных условиях, что снижает негативное влияние на окружающую среду;
- **низкая токсичность.** PLA практически не выделяет при печати вредных испарений, в отличие от ABS, что делает его более безопасным при использования в закрытых помещениях и рядом с детьми;
- **лёгкость печати.** PLA филамент имеет более низкую температуру плавления по сравнению с другими материалами, что облегчает печать и делает выбор этого материала предпочтительным для начинающих;

- **широкий спектр цветов.** PLA доступен в широком ассортименте цветов и оттенков, что позволяет детям реализовать свои креативные идеи.

Другие материалы, такие как TPU и PETG, также предлагают интересные возможности для создания проектов благодаря своим особым свойствам. Однако, важно помнить, что работа с TPU и PETG может потребовать от 3D-принтера более высоких настроек температуры и специальных насадок, что делает их использование более сложным по сравнению с PLA.

Кроме того, при работе с любыми филаментами необходимо учитывать следующие аспекты:

- температурные настройки. Каждый тип филамента требует своих температурных настроек для экструдера и платформы. Это влияет на качество печати и прочность изделия;
- скорость печати. Скорость печати может варьироваться в зависимости от выбранного материала.
- постобработка. Некоторые материалы, такие как PETG, могут требовать дополнительной обработки после печати для достижения лучших результатов или специфических характеристик;
- совместимость с принтером. Перед началом работы необходимо убедиться, что 3D-принтер поддерживает работу с выбранными филаментами, особенно если речь идет о материалах с особыми требованиями к температуре и влажности.

Использование различных типов филаментов может значительно расширить возможности 3D-печати и обучения, но одновременно с этим требует наличия у преподавателей специальных знаний и подготовки. Это обеспечит безопасность процесса и поможет детям получить максимум удовольствия и пользы от занятий 3D-печатью.

2.2. Особенности материалов для фотополимерной 3D-печати (SLA/DLP)

Для фотополимерной печати используют следующие виды жидких смол, отверждаемых под воздействием ультрафиолета:

- **Стандартные смолы** используются для печати деталей с высокой детализацией. При работе с ними необходимо учитывать, что созданные из них детали довольно хрупкие и требуют особой осторожности при применении;
- **Прочные и ударопрочные смолы** содержат добавки для увеличения механической прочности;

- **Гибкие смолы** имитируют резину, подходят для эластичных деталей;
- **Высокотемпературные смолы** выдерживают высокие температуры, используются в литье и механике;
- **Биосовместимые смолы** применяются в медицине.

3. Подготовка к печати и постобработка

3.1. Подготовка к печати и постобработка при использовании экструзионной 3D-печати

А. Подготовка к печати

- **Выбор оптимальной температуры сопла и стола (платформы) в зависимости от материала.**

Обычно 3D-печать с использованием PLA производят при температуре от 180 до 220° С. Некоторые авторы рекомендуют начинать с 200° С и регулировать температуру в большую или меньшую сторону по мере необходимости. Если в принтере есть подогреваемая платформа, при работе с этим материалом необходимо установить её на температуру от 20 до 60° С. Можно увеличить температуру до 70° С, но более высоких значений следует избегать.

При печати с использованием PLA включение охлаждающих вентиляторов обязательно, поскольку PLA показывает наилучшие результаты при достаточном охлаждении.

Рекомендуемая температура сопла: 180–220° С. Рекомендуемая температура платформы: 20–60° С.

Для успешной печати из ABS-пластика требуется немного более высокая температура сопла, в диапазоне от 210 до 250° С. Также потребуется платформа с подогревом. Если есть возможность, необходимо достичь температуры около 110° С. Если принтер испытывает трудности с достижением этой температуры, то 90° С должно быть достаточно.

Кроме того, для печати из ABS-пластика необходимо использовать закрытый 3D-принтер, чтобы пластик остывал очень медленно. Во время охлаждения ABS-пластик даёт усадку, и если он остывает слишком быстро, то деформируется. По этой же причине во время печати из ABS-пластика охлаждающие вентиляторы следует отключать.

Температура сопла: 210–250° С. Температура платформы: 90–110° С.

PETG лучше всего печатать с использованием клеевого слоя, например, клея или синей малярной ленты, нанесённого на подложку. В противном

случае рекомендуется нагреть платформу до 50–80° С, чтобы обеспечить сцепление нити.

Хотя PETG немного сложнее в использовании, чем PLA, он гораздо менее требователен, чем ABS, и на сегодняшний день является одной из самых популярных нитей.

Температура сопла: от 220 до 250° С. Температура платформы: от 50 до 80°С.

Оптимальные температуры сопла и стола в зависимости от используемого материала

Тип пластика	Температура сопла	Температура платформы
PLA	180-220 °С	20-60°С
ABS	210-250 °С	90-110°С
PETG	220-250 °С	50-80°С
Нейлон	240-290 °С	55-65°С
TPU	210-230 °С	30-60 °С

- **Калибровка стола для обеспечения адгезии первого слоя.**

Для предотвращения отклеивания модели рекомендуется использование клея, лака или специального покрытия.

- **Обезжиривание стола.**

Микроскопическая капля жира, случайно попавшая под основание модели, уменьшает адгезию первого слоя. Поэтому важно, чтобы поверхность стола была максимально чистой

Прежде чем приступить к печати, следует обезжирить стол. Для этого следует тщательно протереть поверхность стола мягкой тканевой салфеткой, смоченной спиртом.

- **Калибровка стола.**

Стол должен располагаться строго горизонтально. Малейшее отклонение от горизонтали приведёт к тому, что в разных точках расстояние от сопла до стола не будет одинаковым

Очень важно, чтобы расстояние между соплом и столом по всей площади печати было равно толщине слоя. Если это расстояние намного больше, то при печати филамент, преждевременно застывая, просто «тянется» за соплом. Если расстояние между соплом и столом меньше толщины слоя, то при печати пластик буквально вдавливается в поверхность стола или в ранее нанесённые слои. Расход материала увеличивается,

точность печати 3D-принтера снижается, на стенках модели образуются наплывы.

Если стол представляет собой печатную платформу, жёстко соединённую с принтером, калибровка выполняется программно. Если же стол закреплён на подпружиненных винтах, расстояние между соплом и печатной поверхностью вручную проверяют на каждом из четырёх углов. Для этого можно использовать обычный листок бумаги. Его кладут на печатную поверхность. Экструдер располагают так, чтобы он находился над бумагой. Расстояние между столом и соплом считается оптимальным, если лист бумаги можно легко вытащить из зазора, а поместить назад в зазор сложно.

- **Повышение адгезии путём использования программных настроек печати 3D-принтера.**

Чем меньше площадь контакта основания модели с печатной поверхностью, тем выше вероятность брака из-за плохой адгезии. Отсюда следует вывод, что для улучшения адгезии площадь основания модели следует увеличить.

Существует 3 варианта увеличения площади основания модели:

- **«брим»** — это очень тонкая кайма произвольной ширины, окружающая основание модели по всему периметру. Устанавливая настройки слайсера, необходимо задать ширину и минимальную длину «брима». Дистанция «брима» (расстояние между внутренней поверхностью «брима» и моделью) устанавливается равным 0. От готовой модели «брим» легко отделить при помощи кусачек;

- **«юбка»** — это очень узкий «брим», не касающийся стенок модели. «Юбка» не повышает адгезию, но позволяет оценить качество юстировки стола. При печати «юбки» можно проверить, насколько хорошо подаётся и плавится пластик;

- **«рафт»** («плот») — сплошное основание под моделью. Использование «рафта» значительно повышает адгезию, но требует значительного расхода материала. К тому же удалить «рафт» иногда бывает проблематично.

- **Химические средства для повышения адгезии.**

В продаже есть специальные клеи для 3D-печати, такие средства значительно повышают адгезию первого слоя. Прежде чем приступить к печати, клей наносят на холодный стол очень тонким ровным слоем. Для этого можно воспользоваться кисточкой, а ещё лучше пропитать средством тканевую салфетку и протереть печатную поверхность.

Остывшую модель легко снять со стола, покрытого специальным клеем. Основание модели получается практически идеально ровным, а если

поверхность стола стеклянная, то глянцевым. Остатки клея легко удаляются с печатной поверхности обычным спиртом.

- **Просушка филамента (например, нейлона) для предотвращения возможных дефектов печати.**

Любой пластик для 3D-печати гигроскопичен, то есть, впитывает в себя влагу. Гигроскопичность может нанести большой вред филаменту. Как определить, что филамент влажный?

Обычно проблемы с влажностью филамента проявляются во время печати, их наличие можно определить по:

- треску при плавлении нити;
- снижению адгезии слоёв;
- получению при печати деталей необычной текстуры, с нечёткой поверхностью;
- получению слишком резких или, наоборот, размытых деталей.

Существует несколько способов сушки филамента, которые можно использовать в домашних условиях или в профессиональных мастерских.

Один из самых простых и доступных способов сушки филамента — с использованием духовки. При этом следует установить температуру немного ниже температуры стеклования термопластика, разогреть духовку до нужной температуры и поместить катушки с филаментом внутрь на 4–6 часов. Чем дольше филамент будет находиться в духовке, тем лучше он высохнет.

Для сушки филамента также можно использовать дегидратор для овощей, фруктов или других продуктов. Такие устройства обеспечивают точный контроль температуры и поддерживают более низкие температуры, что делает их более безопасными. Выбор уровня температуры аналогичен.

Для профессиональной сушки филамента существуют специализированные сушильные камеры, такие как ESUN eBOX. Катушки с филаментом помещаются внутрь камеры, и все настройки (температура, время сушки и т. д.) устанавливаются на специальном дисплее.

В. Постобработка

- Удаление поддержек (механическим способом или с использованием растворителей (например, для PVA)).
- Шлифовка и полировка для сглаживания слоев.
- Герметизация и окрашивание (пропитка ацетоном (для ABS), покраска или лакирование).
- Термообработка (нагрев для увеличения прочности деталей (например, отжиг PLA в печи)).

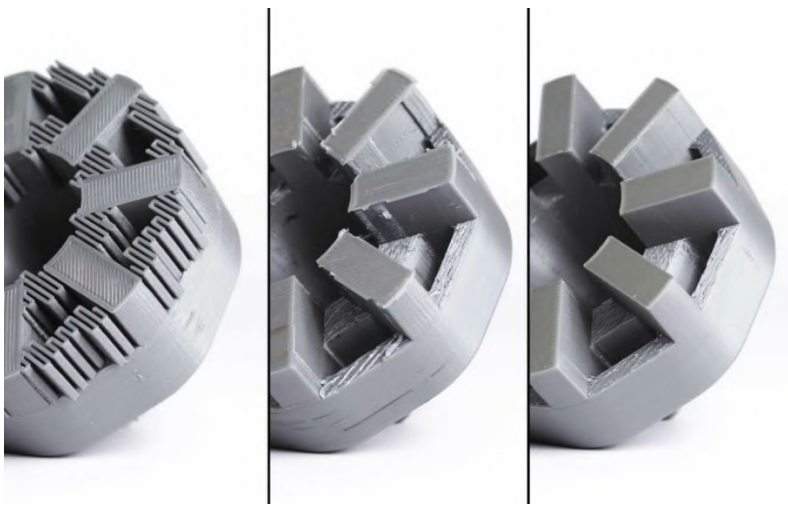


Рисунок 7. Пример постобработки после экструзионной печати.

3.2. Подготовка к печати и постобработка при использовании фотополимерной 3D-печати

А. Подготовка к печати

- **Выбор подходящего разрешения и ориентации модели для минимизации поддержек (Рисунок 8).**
- **Использование качественной смолы и её перемешивание перед печатью.** Качество смолы определяется только опытным путем. Для разных принтеров идет абсолютно разная смола. Это обусловлено разностью разрешающей способности УФ-экрана и количеством настроек для печати. В основном все смолы уже изучены и всю информацию про параметры печати для них можно найти в интернете на специализированных форумах.

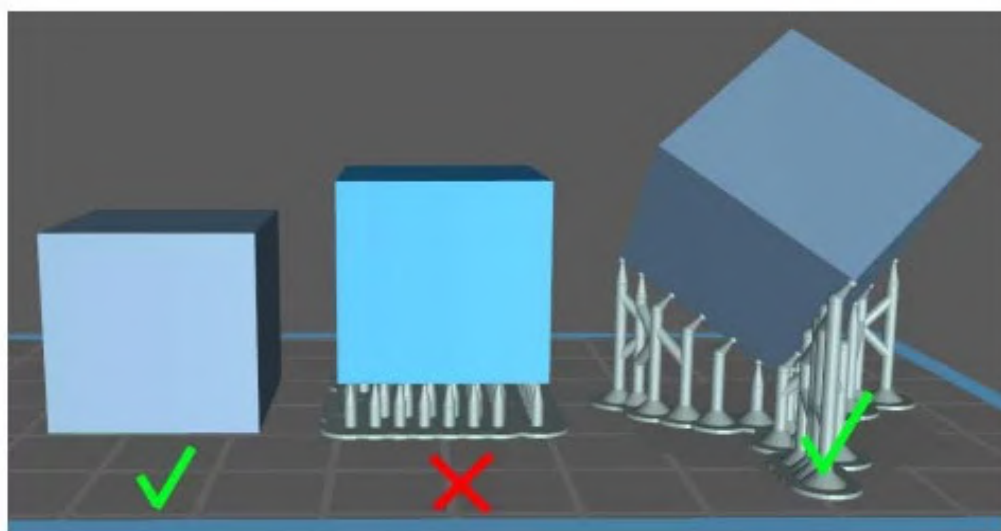


Рисунок 8. Расположение модели при фотополимерной печати.

В. Постобработка

- **Промывка модели** (Рисунок 9) спиртом, водой или специальными очистителями от производителей для удаления лишней смолы.



Рисунок 9. Промывка напечатанной модели.

• **УФ-отверждение** — дополнительное засвечивание для придания детали прочности (Рисунок 10). Для этого используется специальное оборудование, оснащенное УФ-лапой или светодиодной лентой и поворотным столом. Последнее обеспечивает равномерное отверждение распечатанной модели со всех сторон. Также эти камеры дополнительно покрыты светоотражающим покрытием. Это в свою очередь сделано для того, чтобы ультрафиолет мог попасть во все места и обеспечить наилучшее отверждение.



Рисунок 10. УФ-отверждение.

- **Удаление поддержек** механическим способом (Рисунок 11) или растворением (если материал это позволяет).



Рисунок 11. Удаление поддержек механическим способом.

- **Шлифовка и покраска** применяются при необходимости улучшения внешнего вида модели (Рисунок 12).



Рисунок 12. Шлифовка детали наждачной бумагой

4. Применение 3D-печати на различных этапах создания копийных моделей судов

4.1. Подготовка цифровой модели.

Перед печатью создается трёхмерная модель судна с помощью программного обеспечения САПР (КОМПАС 3D, Autodesk Fusion 360, Tinkercad, Blender и др.). На этом этапе обучающиеся осваивают основы 3D-моделирования и инженерного проектирования. Важным аспектом является точное воспроизведение всех элементов конструкции, что требует внимательности и знания принципов судостроения.

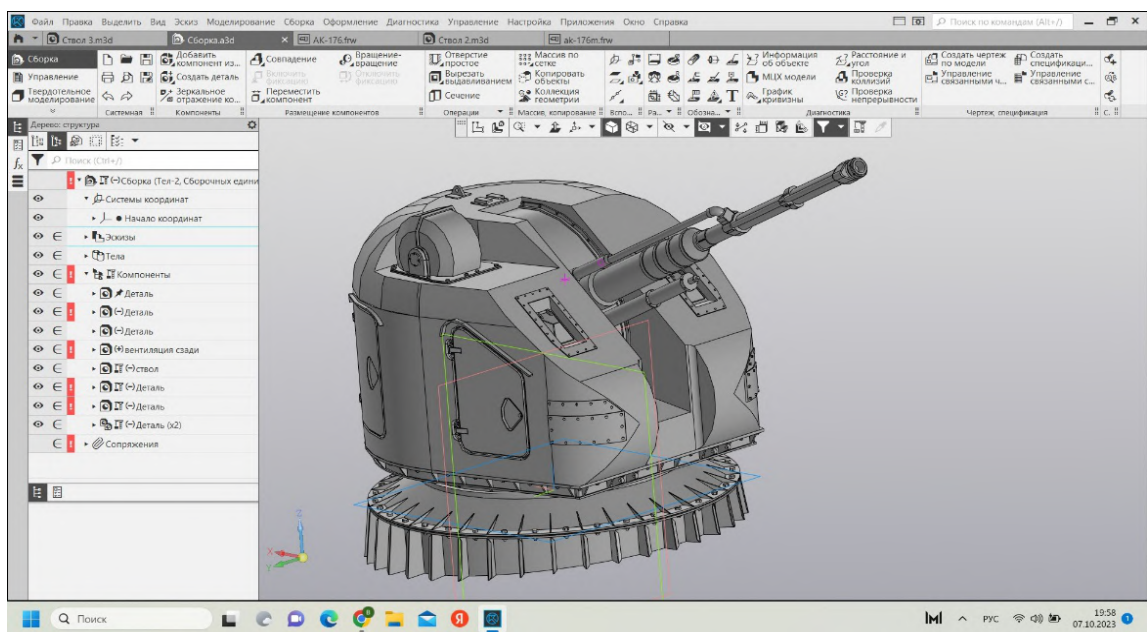


Рисунок 13. 3D-модель артиллерийской установки АК-176.

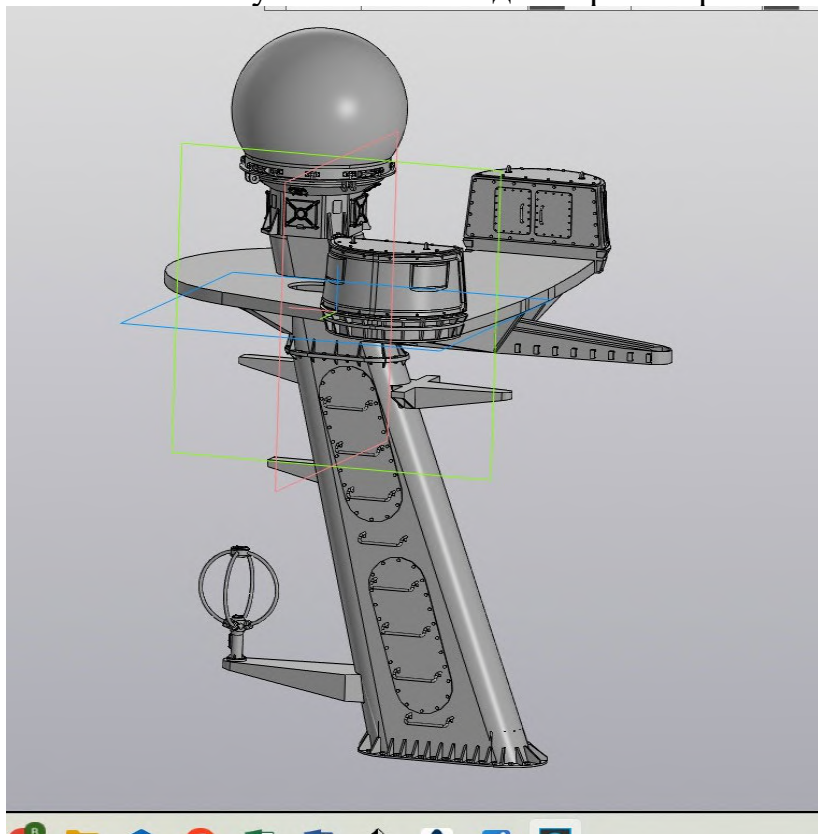


Рисунок 14. Сборка трехмерной модели мачты для проверки сходимости отдельных деталей.

Важно отметить, что модели изготавливаются по имеющимся копиям чертежей различных моделей (бывших ранее в действии, либо действующих). Чертежи можно найти в интернете, наиболее достоверный сайт с чертежами: <https://forums.airbase.ru/viewforum.php?id=91>

4.2. Печать деталей и их постобработка.

Работа с композитными материалами.

После создания цифровой модели проводится 3D-печать её отдельных элементов. В процессе печати важно учитывать такие параметры, как толщина слоя, скорость печати и выбор материала, поскольку от этого зависит качество и прочность деталей.

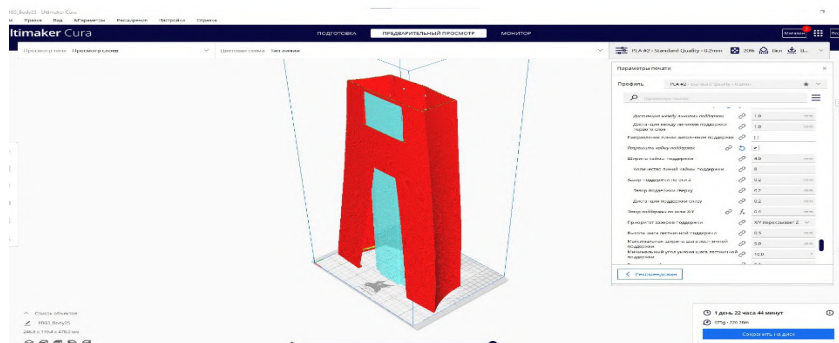


Рисунок 15. Подготовка программы для печати корпуса катера.

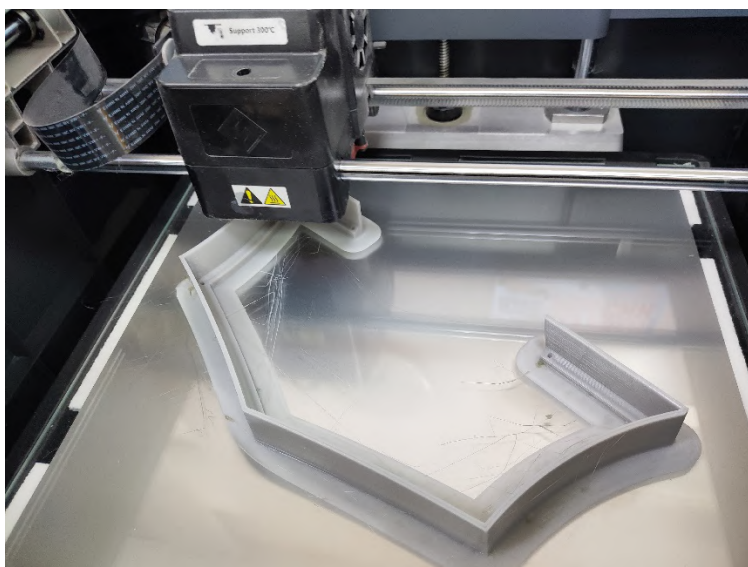


Рисунок 16. Печать части корпуса катера.

Учитывая тот факт, что учебные 3D-принтеры имеют небольшое поле печати и высоту стола, для изготовления корпусов моделей печатаются отдельные части корпуса, которые в последующем подвергаются склейке и дальнейшей обработке поверхности, так называемой постобработке. Постобработка включает шлифовку, грунтование поверхности, покраску и лакирование корпуса судна.



Рисунок 17. Грунтование поверхности корпуса.

Все эти этапы позволяют сохранить корпус судна от разрушающих воздействий внешней среды. От качества обработки корпуса зависят, в том числе, и ходовые характеристики модели судна.

При применении лазерной стереолитографии (SLA-печати) перед окраской и установкой деталей на корпус модели требуется дополнительное отверждение материалов, при котором детали проходят процесс полимеризации под воздействием ультрафиолетового излучения.



Рисунок 18. Артиллерийская установка, напечатанная в масштабе 1:20.



Рисунок 19. Распечатанные ракетные установки в масштабе 1:50.



Рисунок 20. Фотополимерная печать различных деталей катера.

4.3. Сборка модели и финальная доработка

Готовые части модели соединяются в единую конструкцию. В случае использования FDM-печати для повышения прочности конструкции могут применяться дополнительные укрепляющие элементы. Крепление деталей

производится с помощью клея, винтовых соединений или сварки. Финальная доработка включает нанесение декоративных элементов, окрашивание и лакирование, что придаёт модели реалистичный внешний вид.



Рисунок 21. Подготовка деталей к покраске.



Рисунок 22. Примерка деталей.



Рисунок 23. Установка окрашенных деталей.

5. Преимущества и проблемы использования аддитивных технологий в образовательном процессе

1. Доступность и экономия времени. Благодаря 3D-печати процесс изготовления сложных деталей занимает значительно меньше времени по сравнению с традиционными методами. Например, производство детали, которую ранее приходилось вытачивать вручную в течение нескольких дней, с помощью 3D-принтера можно выполнить за несколько часов.

2. Высокая точность и детализация. Одним из важных преимуществ использования 3D-технологий в судомоделировании является возможность создания сложных геометрических форм и элементов, которые ранее было трудно или невозможно изготовить с помощью традиционных методов. Например, многие детали судна, такие как корпус, палубы, мачты и другие элементы, могут быть детализированы с максимальной точностью, что невозможно было бы сделать вручную. Технологии 3D-печати дают возможность создавать детали, которые идеально повторяют форму и размер оригинала, что особенно важно для создания копийных моделей, где каждая деталь должна соответствовать оригиналу, а также для высокоточных моделей, используемых в судомодельном спорте.

3. Развитие инженерных и конструкторских навыков. Работа с 3D-моделированием и печатью помогает обучающимся развивать пространственное мышление, точность и внимание к деталям. Освоение программ для 3D-моделирования способствует пониманию принципов проектирования и технического черчения.

4. Индивидуализация подхода. Каждый обучающийся может создать уникальную модель судна, адаптированную под собственные предпочтения и интересы. Это способствует развитию творческих способностей и мотивации к изучению технологий.

5. Экономия материалов. 3D-моделирование позволяет значительно снизить количество материала, используемого для создания модели. Так как 3D-принтеры работают с точностью до миллиметров, можно избежать затрат излишков материала, что важно как с экономической точки зрения, так и с точки зрения экологии. Модели, созданные с использованием 3D-технологий, могут быть намного легче и прочнее, чем те, что были изготовлены вручную.

Проблемы и ограничения.

Несмотря на очевидные преимущества, применение 3D-печати в судомоделировании имеет ряд сложностей:

- необходимость освоения программ для 3D-моделирования;
- ограниченные размеры печатного поля принтера;
- требования к постобработке напечатанных деталей;
- высокая стоимость некоторых видов 3D-принтеров и расходных материалов к ним.

6. Перспективы развития судомоделирования с учётом новых технологий

С каждым годом технологии 3D-печати совершенствуются, появляются новые материалы и методы. Будущее судомоделирования связано с интеграцией 3D-печати, лазерной резки и традиционных технологий, что позволит достигать ещё большей точности и реалистичности копийных моделей. Развитие многокомпонентной печати и использование композитных материалов позволят создавать модели, обладающие высокой прочностью и долговечностью.

Заключение

Применение аддитивных технологий в судомоделировании открывает новые возможности для педагогов и обучающихся. 3D-печать упрощает создание детализированных моделей, развивает инженерное мышление и способствует популяризации технического творчества среди детей и молодёжи. Включение современных технологий в образовательный процесс делает судомоделирование более доступным и увлекательным занятием, формируя у учащихся интерес к инженерии и научно-техническому творчеству. Благодаря постоянному развитию технологий, перспективы использования 3D-печати в судомоделировании выглядят многообещающими и позволяют надеяться на дальнейшее расширение её применения в образовательных программах.

Список использованной литературы и интернет-источников

1. Баранова И.В. «Компас 3-D для школьников. Черчение и компьютерная графика». – Изд. ДМК пресс, 2009.
2. Боголюбов С.К. «Индивидуальные задания по курсу черчения». – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 368 с.
3. Богуславский А.А. «Школьная система автоматизированного проектирования на основе чертёжно-конструкторского редактора «Компас-График». Учебное пособие для учащихся средних школ, профтехучилищ. – Коломна, 2016.

4. Большаков В. П., Бочков А. Л., Сергеев А. А. 3D-моделирование в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, T-Flex. – СПб.: Питер, 2015.
5. Божко А.Н., Волосатова Т.М., Грошев С.В., Жук Д.М., Карпенко А.П., Маничев В.Б., Мартынюк В.А., Норенков Ю.И., Пивоварова Н.В., Трудоношин В.А. «Основы автоматизированного проектирования». Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2015.
6. Гюнтер Мяел Проектирование и постройки управляемых и скоростных моделей с двигателями внутреннего сгорания. – Берлин, 1990.
7. Петров Ю. П. «Обеспечение достоверности и надежности компьютерных расчетов». М.: БХВ-Петербург, 2021.
8. Ушаков Д.М. Введение в математические основы САПР: курс лекций. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: ДМК Пресс, 2011. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/1311>
9. Журналы: «Моделаж» (Польша), «Модель без хайт» (Германия), «Морской флот», «Судостроение». «Морская коллекция»
10. <http://моделка.рф/> - на сайте содержится информация для судомodelистов (чертежи, технологии, литература и др.)
11. www.modelik.ru на сайте содержится информация для судомodelистов (чертежи, технологии, литература и др.)
12. Токарев Б.Е. «Анализ рынка 3D-принтеров: состояние и перспективы. Практический маркетинг»
<https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-rynka-3d-printerov-sostoyanie-i-perspektivy/viewer>
13. Фаббер-технологии. Новое средство трехмерного моделирования
http://www.electronics.ru/files/article_pdf/1/article_1269_632.pdf

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

**Применение современных аддитивных технологий в судомоделировании
при создании копийных моделей судов.
Методические рекомендации**

Краевое государственное автономное образовательное учреждение
дополнительного образования «Центр развития творчества детей
(Региональный модельный центр дополнительного образования детей
Хабаровского края)»

680000, г. Хабаровск, ул. Комсомольская, 87
тел. / факс: (4212) 30-57-13
Телеграм: @dopobrazovanie27
ВКонтакте: @dop.obrazovanie27
e-mail: rmc@rmc.27.ru
<http://www.kcdod.khb.ru>

Подписано в печать: 25.03.2025
Тираж: 30 экз.

Методические рекомендации размещены на сайте КГАОУ ДО РМЦ



физкультурно-спортивная



туристско-краеведческая



художественная



естественнонаучная



техническая



социально-гуманитарная