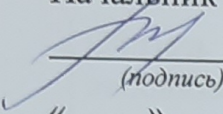


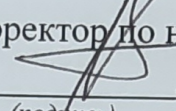
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»  
СКБ «Компьютерные и инженерные технологии»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС  
  
(подпись) Е.М. Димитриади

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
  
(подпись) А.В. Космынин

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

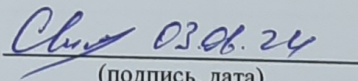
Декан ФАМТ

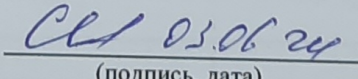
  
(подпись) О.А. Красильникова

«06» июня 2024 г.

Применение аддитивных технологий при проектировании и  
изготовлении макетов гребных винтов

Комплект проектной документации

Руководитель СКБ «КИТ»   
(подпись, дата) А.В. Свиридов

Руководитель проекта   
(подпись, дата) А.В. Свиридов

Комсомольск-на-Амуре 2024



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

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

***СКБ «Компьютерные и инженерные технологии»***

### **ЗАДАНИЕ на разработку**

Выдано студенту Соколову Денису Андреевичу, гр. ЗКСб-1.

Название проекта: Применение аддитивных технологий при проектировании  
и изготовлении макетов гребных винтов.

Назначение: Исследование особенностей моделирования и изготовления ма-  
кетов гребных винтов с использованием аддитивных технологий.

Область использования: В учебном процессе для направления подготовки  
26.03.02 и 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника мор-  
ской инфраструктуры» в качестве наглядного пособия и учебного задания.

Функциональное описание: Трехмерная модель винта должна демонстриро-  
вать особенности применения аддитивных технологий в судостроительной  
области

Техническое описание: Макет гребного винта должен соответствовать габа-  
ритным характеристикам судового оборудования, назначению и требовани-  
ям, предъявляемым к конструкциям данного типа

Требования: Трехмерная модель выполняется в САД-системе «Компас-3D».  
В модели разрабатываются конструктивные элементы винта согласно черте-  
жа.

План работ:

| Наименование работ   | Срок                            |
|--|---------------------------------|
| Анализ проектных характеристик и основных требований к конструкции гребных винтов.   | Ноябрь, 2023                    |
| Определение основных геометрических характеристик и параметров винта.  | Декабрь, 2023 –<br>Январь, 2024 |
| Формирование трехмерной конструкции винта.<br>Выявление, анализ и устранение ошибок связанных с геометрическими пресечениями и нарушениями нормируемых расстояний между элементами модели. | Февраль-Апрель, 2024            |
| Оформление отчета  | Май, 2024                       |

Комментарии:

Пояснительная записка к проекту выполняется по требованиям РД 013-2016 с изм. 4. Графический материал оформляется по требованиям судостроительного черчения

Перечень графического материала:

- 3D-модель гребного винта;

- макет винта

Руководитель проекта

*Свирдов 12.10.23*  
(подпись, дата)

А.В. Свиридов

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

## ПАСПОРТ

**«Применение аддитивных технологий при проектировании  
и изготовлении макетов гребных винтов».**

Руководитель проекта

*Свир* 05.06.24

(подпись, дата)

А.В. Свиридов

Комсомольск-на-Амуре 2024

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| 1. Общие положения.....  | 7  |
| 1.1 Цель и задачи работы.....  | 7  |
| 1.2 Предмет разработки.....  | 7  |
| 1.3 Исходные данные для проектирования.....  | 7  |
| 2. Теоретические сведения, область использования разработки.....                             | 8  |
| 2.1 Теоретические сведения .....   | 8  |
| 2.2 Назначение и область использования разработки.....                                       | 10 |
| 3. Методические рекомендации по моделированию изделия<br>«Винт».....                         | 10 |
| 3.1 Подготовка трехмерных моделей и практические рекомендации<br>по изготовлению макета..... | 10 |
| 3.2. Настройка трехмерного принтера, печать моделей.....                                     | 14 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А.....  | 15 |

|      |       |             |       |       |                              |      |
|------|-------|-------------|-------|-------|------------------------------|------|
|      |       |             |       |       | <b>СКБ КИТ.8.ИП.01000000</b> | Лист |
| Изм. | Лист. | № документа | Подп. | Дата. |                              | 6    |

# 1 Общие положения

## 1.1 Цель и задачи работы.

Целью работы является моделирование и создание макета гребного винта пригодного для проведения натурных испытаний корабельных конструкций; для создания мастер-модели литого винта, а также изучение других способов применения аддитивных технологий при изготовлении гребных винтов из различных материалов.

Исходя из цели решали задачи моделирования трехмерных моделей гребных винтов по чертежу в специализированных CAD-приложениях; настройки принтера и печати моделей из различных видов пластика и фотополимеров.

## 1.2 Предмет разработки.

Предметом разработки является законченная трехмерная модель гребного винта, ее макет и практические рекомендации к проведению лабораторных работ по курсу «Инженерная графика в CAD-системах» по профилю «Кораблестроение».

## 1.3 Исходные данные для проектирования.

Исходные данные проекта.

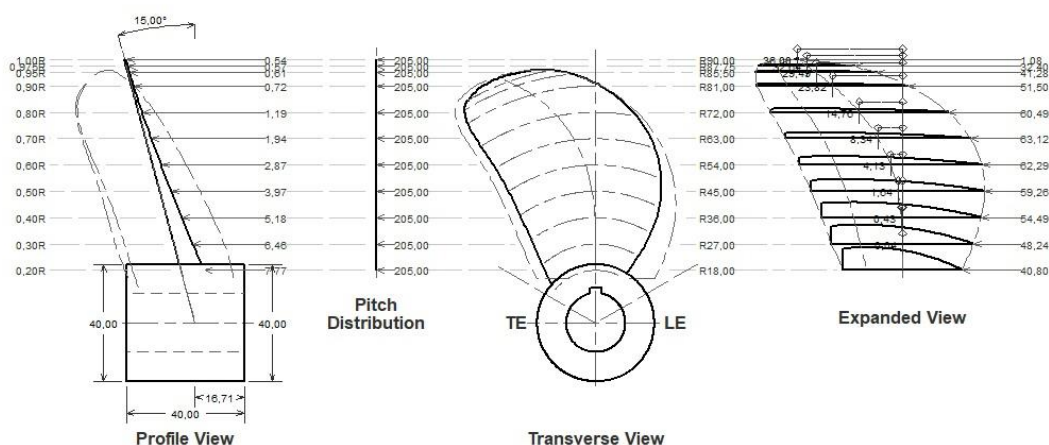


Рисунок 1 – Чертеж гребного винта.

## 2 Теоретические сведения, область использования разработки

### 2.1 Теоретические сведения.

Одной из областей, где применение аддитивных технологий и 3D печати оправдано, является производство гребных винтов для крупных морских и речных судов. Как правило, суда производятся небольшими сериями, поэтому и для каждой серии требуется свой винт, индивидуально рассчитанный и подобранный.

Традиционно заготовки гребных винтов изготавливаются методами литья. Для изготовления отливки необходима модельная форма, которая максимально точно воспроизводит форму, включая "контур" лопастей гребного винта. Такие модели очень сложно изготовить вручную и в настоящее время они либо обрабатываются на станках с ЧПУ, либо, в печатаются на трехмерных принтерах. Часто прямая печать форм экономически выгодна и оправдана.

Наиболее подходящей технологией для печати мастер-моделей для последующего производства винтов является технология FDM представляющая собой послойное наплавление пластика путем перемещения печатающей головки принтера. Это самый распространенный и бюджетный вид печати. Различают ABS, PLA, NYLON пластики и WAX – представляет собой специальный воск с нулевой зольностью (сгорает без остатка) идеален для мелко-серийного литья небольших изделий, так как напечатанная модель сразу же является моделью для литья которую достаточно поместить в опоку и прокаливать, для последующего литья металла. Единственный недостаток такого материала - это его стоимость. Пластик NYLON подходит для тяжелых условий работы так как имеет высокую термостойкость, ударопрочность и износостойкость.

Немного менее распространена технология SLA печати, это печать при помощи светотверждаемой смолы. Технология подразумевает печать из

|             |              |                    |              |              |                              |             |
|-------------|--------------|--------------------|--------------|--------------|------------------------------|-------------|
|             |              |                    |              |              | <b>СКБ КИТ.8.ИП.02000000</b> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист.</i> | <i>№ документа</i> | <i>Подп.</i> | <i>Дата.</i> |                              | 8           |



жидкой смолы отверждаемой путем засветки слоя через УФ матрицу. Преимущество технологии в детализации и точности так как минимальная толщина слоя составляет около 0.01мм, что позволяет печатать детали с высокой точностью и гладкой поверхностью практически не требующей последующей обработки, однако большинство принтеров с этой технологией имеют небольшую область печати в сравнении с FDM, и подходят для небольших изделий.

При помощи SLA печати возможно изготавливать винты для моделей гоночных лодок печатая выжигаемой смолой (рисунок 1). Винт при этом моделируют и печатают с литниковой системой и модель пригодна для способа литья по выжигаемым моделям под давлением. Такой метод позволяет изготавливать отливки высокого качества и требующие как правило лишь финишных операций их обработки.



Рисунок 1 – Мастер модель и отливка винта для гоночной лодки.  
а – мастер модель; б – отливка

## 2.2 Назначение и область использования разработки.

Назначение разработки состоит в ее применении в учебном процессе для направления подготовки 26.03.02 и 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника морской инфраструктуры» в качестве наглядного пособия и учебного задания

|      |       |             |       |       |                              |      |
|------|-------|-------------|-------|-------|------------------------------|------|
|      |       |             |       |       | <b>СКБ КИТ.8.ИП.02000000</b> | Лист |
| Изм. | Лист. | № документа | Подп. | Дата. |                              | 9    |

### 3 Методические рекомендации по моделированию изделия «Винт» и изготовлению макета.

3.1 Подготовка трехмерных моделей и практические рекомендации по изготовлению макета.

Разработка модели производилась в программах «PropCad» и «Rhinoce-ros» (см. рисунок 2).

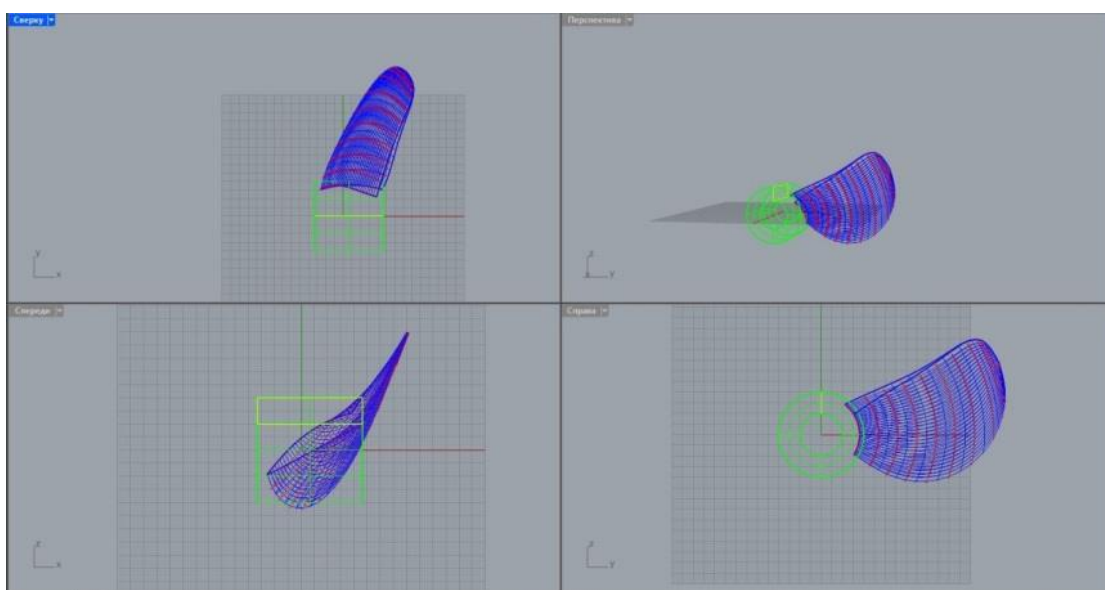


Рисунок 2 – Моделирование гребного винта.

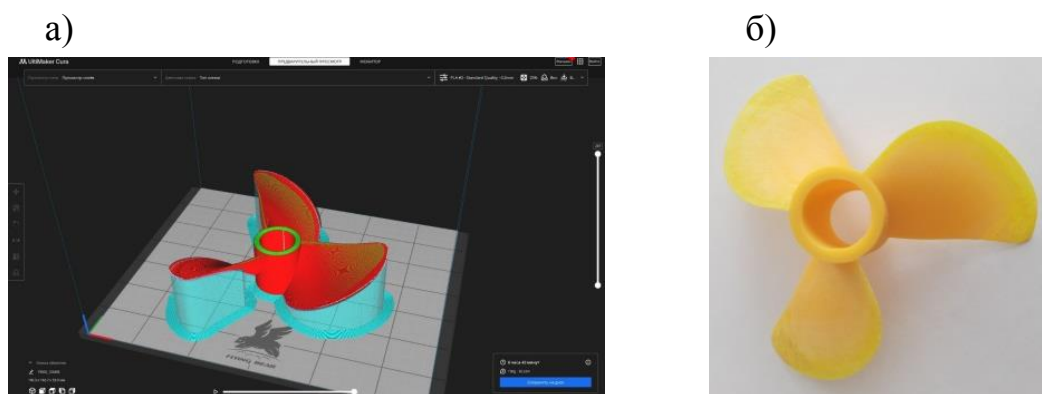


Рисунок 3 – Подготовка модели к печати и изготовленная модель:  
а) трехмерная модель; б) изготовленный макет винта

В работе для создания макета винта был выбран FDM принтер и материал PLA, диаметр 180мм, шаг 205мм.

Для подготовки файла к печати применяли программу Cura 5.4.0, что необходимо для преобразования трехмерной геометрии в набор простых команд для принтера (см. рисунок 3).

Также при использовании высокопрочных смол возможна печать гребных винтов пригодных для применения в небольших спортивных моделях судов.

По итогам работы был смоделирован и изготовлен макет гребного винта пригодный для формования и литья из металла (рисунок 3). При соответствующем выборе материалов для печати также возможно изготовление готовых пластиковых винтов для моделей кораблей и небольших судов с мало-мощными силовыми установками.

Также изучали актуальные вопросы разработки концепции применения аддитивных технологий в области кораблестроения с использованием современных наработок отечественного аддитивного производства в условиях импортозамещения.

|             |              |                    |              |              |                              |             |
|-------------|--------------|--------------------|--------------|--------------|------------------------------|-------------|
|             |              |                    |              |              | <b>СКБ КИТ.8.ИП.03000000</b> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист.</i> | <i>№ документа</i> | <i>Подп.</i> | <i>Дата.</i> |                              | 11          |

### 3. Настройка трехмерного принтера, печать моделей

Настройка трехмерного принтера и печать моделей состоит из нескольких основных этапов.

#### Этап 1.

Установка программного обеспечения и подключение принтера к компьютеру

#### Этап 2.

Диагностика двигателей. Этап необходим для проверки всех функций принтера. В первую очередь нужно испытать его электродвигатели. Затем можно напечатать пробную модель и посмотреть на качество работы.

#### Этап 3.

Большинство принтеров работают с форматом файлов STL. Чтобы отправить на печать модель, необходимо в панели управления нажать на кнопку «Резать» и найти файл с расширением stl. После этого нажать кнопку «Открыть». Работа начнется через несколько секунд.

#### Этап 4.

Установить рабочую поверхность. Поверхность для изготовления модели должна быть из алюминия и покрыта разделительной пленкой.

Этап 5. Настройка работы принтера, регулировка температуры сопла и стола.

|             |              |                    |              |              |                              |             |
|-------------|--------------|--------------------|--------------|--------------|------------------------------|-------------|
|             |              |                    |              |              | <b>СКБ КИТ.8.ИП.03000000</b> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист.</i> | <i>№ документа</i> | <i>Подп.</i> | <i>Дата.</i> |                              | 12          |

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

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Начальник отдела ОНИПКРС  
\_\_\_\_\_ Е.М. Димитриади  
(подпись)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Проректор по научной работе  
\_\_\_\_\_ А.В. Космынин  
(подпись)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Декан \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ О.А. Красильникова  
(подпись)

АКТ  
о приемке в эксплуатацию проекта  
«Применение аддитивных технологий при проектировании и изготовлении  
макетов гребных винтов».

г. Комсомольск-на-Амуре

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Комиссия в составе представителей:

со стороны заказчика

- А.В. Свиридов – руководитель СКБ,
- О.А. Красильникова – декан «ФАМТ»

со стороны исполнителя

- А.В. Свиридов – руководитель проекта,
- Д.А. Соколов – гр. ЗКСб-1,

составила акт о нижеследующем:

|      |       |             |       |       |                              |      |
|------|-------|-------------|-------|-------|------------------------------|------|
|      |       |             |       |       | <b>СКБ КИТ.8.ИП.03000000</b> | Лист |
| Изм. | Лист. | № документа | Подп. | Дата. |                              | 13   |

«Исполнитель» передает проект «Применение аддитивных технологий при проектировании и изготовлении макетов гребных винтов», в составе:

1. Трехмерной модели изделия «Винт»
2. Методических рекомендаций по изготовлению модели
3. Макета изделия «Винт».

Руководитель проекта

\_\_\_\_\_

*(подпись, дата)*

А.В. Свиридов

Исполнитель проекта

\_\_\_\_\_

*(подпись, дата)*

Д.А. Соколов

|             |              |                    |              |              |                              |             |
|-------------|--------------|--------------------|--------------|--------------|------------------------------|-------------|
|             |              |                    |              |              | <b>СКБ КИТ.8.ИП.03000000</b> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист.</i> | <i>№ документа</i> | <i>Подп.</i> | <i>Дата.</i> |                              | 14          |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС

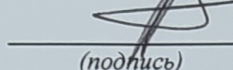
 Е.М. Димитриади

(подпись)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

 А.В. Космынин

(подпись)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Декан

 О.А. Красильникова

(подпись)

АКТ

о приемке в эксплуатацию проекта

«Применение аддитивных технологий при проектировании и изготовлении  
макетов гребных винтов».

г. Комсомольск-на-Амуре

« 03 » 06 \_\_\_\_\_ 2024 г.

Комиссия в составе представителей:

со стороны заказчика

- А.В. Свиридов – руководитель СКБ,
- О.А. Красильникова – декан «ФАМТ»

со стороны исполнителя

- А.В. Свиридов – руководитель проекта,
- Д.А. Соколов – гр. ЗКСб-1,

составила акт о нижеследующем:

«Исполнитель» передает проект «Применение аддитивных технологий при проектировании и изготовлении макетов гребных винтов», в составе:

1. Трехмерной модели изделия «Винт»
2. Методических рекомендаций по изготовлению модели
3. Макета изделия «Винт».

Руководитель проекта

*А.В. Свиридов* 03.06.24  
(подпись, дата)

А.В. Свиридов

Исполнитель проекта

*Д.А. Соколов* 03.06.24  
(подпись, дата)

Д.А. Соколов