

Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 70, № 4. С. 193–203.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2024. Vol. 70, no 4.
P. 193–203.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ (ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

Научная статья

УДК 378

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-70-20

EDN: XINTZM

Возможности применения компьютерного моделирования и аддитивных технологий при макетировании установок судовых энергетических механизмов

Елена Владимировна Григорьева¹, Сергей Владимирович Куличков²

^{1, 2} Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

¹ gev132010@mail.ru

² seku230@yandex.ru

Аннотация. Приводится информация об опыте трехмерного моделирования двухступенчатого развёрнутого редуктора и создания макета посредством аддитивных технологий. Визуальное отображение машины или механизма в виде двухмерной графики в настоящее время недостаточно, поэтому необходима не только электронная трехмерная модель, но и осязаемая пластиковая копия будущего действующего механизма или машины. В настоящее время повсеместно внедряются современные информационные технологии, которые позволяют повысить производительность труда, и морская отрасль в этом не исключение. Результатом данного внедрения является процесс моделирования как сумма конструирования и проектирования. Моделирование морской техники не ограничивается одним единственным элементом. Моделирование может быть как отдельного судового агрегата, так и машинного отделения или даже всего судна.

Ключевые слова: конструирование, проектирование, морская техника, редуктор, макетирование, аддитивные технологии

Финансирование: статья выполнена в рамках госбюджетной темы № ГБТ 870/2024-2028 «Факторы и механизмы развития инженерного мышления у студентов морских специальностей».

Для цитирования: Григорьева Е. В., Куличков С. В. Возможности применения компьютерного моделирования и аддитивных технологий при макетировании установок судовых энергетических механизмов // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 70, № 4. С. 193–203.

MARINE POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY)

Original article

The possibilities of using computer modeling and additive technologies in the layout of installations of marine power mechanisms

Elena V. Grigoryeva¹, Sergei V. Kulichkov²

^{1,2} Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

¹ gev132010@mail.ru

² seku230@yandex.ru

Abstract. The paper provides information on the experience of three-dimensional modeling of a two-stage deployed gearbox and creating a layout using additive technologies. The visual representation of a machine or mechanism in the form of two-dimensional graphics is currently insufficient, so not only an electronic three-dimensional model is needed, but also a tangible plastic copy of the future operating mechanism or machine. Currently, modern information technologies are being introduced everywhere, which make it possible to increase labor productivity and the marine industry is no exception in this. The result of this implementation is the modeling process, as the sum of construction and design. Modeling of marine technology is not limited to a single element. The simulation can be either a separate ship unit, an engine room, or even the entire vessel.

Keywords: design, engineering, marine engineering, gearbox, layout design, additive technologies

Funding: the article was carried out within the framework of the state budget theme No. GBT 870/2024-2028 "Factors and mechanisms of development of engineering thinking among students of marine specialties".

For citation: Grigorieva E. V., Kulichkov S. V. The possibilities of using computer modeling and additive technologies in the layout of installations of marine power mechanisms. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 70(4): 193–203. (In Russ.).

Введение

Важнейшей задачей современной экономики России в промышленности является применение систем автоматизированного проектирования (САПР или CAD). САПР предполагает выполнение всех видов работ по проектированию (расчет и конструирование) на персональном компьютере с оптимизацией конструкции по прочности, жесткости, экономичности и другим критериям. Технологическая подготовка производства на предприятиях тяжелого машиностроения, частью которой также является судостроение – это один из наиболее трудоемких и ответственных этапов при производстве новых изделий. Целью технологической подготовки производства (ТПП) является разработка проекта производственного процесса и его дальнейшее технологическое обеспечение на базе проекта изделия [1].

Результатом деятельности ТПП является ответ на главный вопрос – каким образом будет изготавливаться изделие. Это необходимо для дальнейшей оптимизации технико-экономических показателей деятельности предприятия, которое выпускает это новое изделие. Этот результат деятельности ТПП создает основу нормативно-технических данных, которые необходимы для организации управления всем предприятием судостроительной отрасли. Качество результата деятельности технологической подготовки производства в большей степени влияет на эффективность технологического процесса и качество выпускаемой продукции. Система

автоматизированного проектирования технологической подготовки производства существенно приводит к сокращению временных затрат на конструкторско-технологическую подготовку производства, а также уменьшает количество возникающих недочетов и ошибок.

Вместе с этим эта система позволяет создавать удобный и прозрачный процесс внесения изменений в техническую документацию. САПР ТПП также влияет существенным образом и на технологию производства изделия. Это влияние позволяет повысить качество и надежность выпускаемой продукции, а также конкурентоспособность. Совместная реализация конструкторской и технологической подготовки производства в едином информационном комплексе приводит к сокращению сроков создания новых изделий.

Одним из самых перспективных направлений в судостроительной отрасли – повышение эффективности ТПП выпускаемой продукции. Это направление является основополагающим для обеспечения конкурентоспособности любого предприятия. В процессе ТПП на каждое изделие (судовая арматура, насосы, компрессоры и т.д.) разрабатывается технологический процесс его обработки. Каждая сборочная единица имеет свой разработанный технологический процесс сборки. Также на этапе технологической подготовки производства разрабатываются технологические процессы получения деталей, методов из обработки, изменения свойств их поверхностей и т.д. [2]

Система автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) позволяет минимизировать временной ресурс, чтобы составить несколько вариантов технологического процесса обработки детали. Использование системы автоматизированного проектирования технологических процессов позволяет обеспечить уменьшение трудоемкости и, следовательно, повышение производительности технологической подготовки производства. Это влечет за собой влияние на показатели результативности экономической деятельности предприятия.

В настоящее время учебный процесс с курсантами мореходных специальностей в области проектирования и конструирования деталей машин и механизмов осуществляется в форме выдачи индивидуальных заданий каждому курсанту из личного опыта преподавателя задания (индивидуальный, курсовой, дипломный проекты). Эти задания, разработанные преподавателем, создают междисциплинарный подход к освоению основ конструирования и проектирования, которые необходимы для будущего инженера [3].

Междисциплинарный подход в рамках одного цикла общепрофессиональных дисциплин совместно с другими циклами, в частности с циклом специальных дисциплин, создает основу для образовательной траектории подготовки курсантов специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок». Такая образовательная траектория позволяет выстроить иерархическую схему подготовки специалиста с получением компетенций, позволяющих выполнять свои трудовые функции не только в области управления и эксплуатации судового энергетического оборудования, но и в области конструирования и проектирования элементов судовой энергетики [4].

Профессиональной подготовке будущих инженеров посвящено множество научных работ [5], [6], [7], [8], это обусловлено большим интересом к данной теме, так как качественно подготовленный специалист-инженер способен создавать и совершенствовать современную технику и оборудование, что в конечном счете приводит к повышению производительности труда и эффективности производственного процесса. Данное обоснование является актуальностью выбранной темы.

Цель данного исследования – внедрение в учебный процесс по подготовке курсантов специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок» трехмерного моделирования с применением аддитивных технологий.

Задачи данного исследования:

– рассмотреть различные варианты моделирования элементов морской техники;

- разработать техническое задание на проектирование и конструирование двухступенчатого редуктора студентами и курсантами;
- произвести расчёты и создать рабочую документацию на моделируемый редуктор;
- используя рабочую документацию, создать трехмерную электронную и пластиковую модель двухступенчатого редуктора;
- анализируя полученную модель, создать методические рекомендации, позволяющие оптимизировать применение данных технологий в учебном процессе при подготовке будущего специалиста.

Моделирование элементов морской техники

Базой для производства элементов судовой энергетики является технологический процесс получения заготовки и последующей ее механической и термической (химико-термической) обработки для получения детали. На стадии конструирования закладывается основной показатель – производительность производства, в основе которого лежит технологичность. Под технологичностью детали понимается совокупность свойств детали или конструкции, которые обеспечивают оптимальные трудозатраты, количество материала и времени на ТПП детали, изготовление, эксплуатацию, ремонт и технологичность сборочной единицы.

Моделирование элементов энергетических установок может выражаться как моделирование отдельных деталей двигателей, например, соплового аппарата радиальной турбины [9], так и всей ступени в совокупности [10]. Пример трехмерной модели радиальной турбины показан на рис. 1.

Моделирование может не ограничиваться созданием трехмерных моделей. Трехмерные модели – это всего лишь объекты самого исследования, и такие исследования могут быть как расчет на прочность, жёсткость и устойчивость [11], так и связанные с газовой динамикой [12], [13]. Исследования в области вычислительной газовой динамики встречается и в области судовых дизелей. На рис. 2 представлен результат численного моделирования на такте впуска при положении поршня в середине хода судового дизеля.

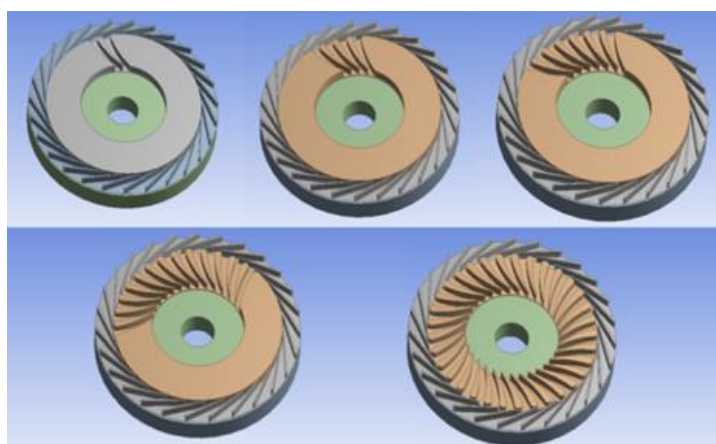


Рис. 1. Трехмерная модель радиальной турбины. Составлено авторами
Fig. 1. A three-dimensional model of a radial turbine. Compiled by the authors

Методика численного моделирования, результат которого представлен на рис. 2, состояла из трех этапов. На первом этапе создавалась трехмерная модель элементов системы газообмена. На втором этапе моделировалась сборочная единица системы газообмена из построенных ранее трехмерных моделей. На последнем этапе созданная трехмерная модель сборки

интегрировалась в программный комплекс Flow Simulation, где и проходил процесс численного моделирования [14].

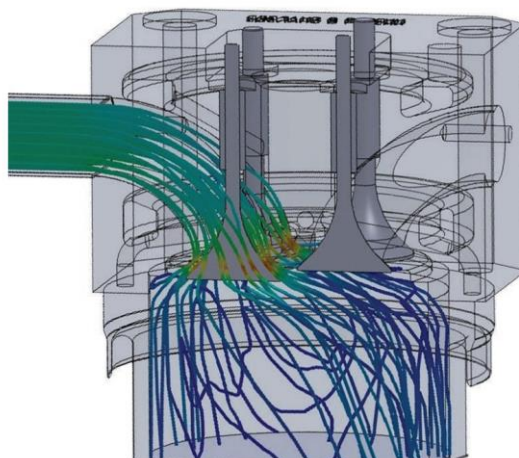


Рис. 2. Трёхмерная модель элементов газообмена судового дизеля. Составлено авторами
Fig. 2. A three-dimensional model of the gas exchange elements of a marine diesel engine.
Compiled by the authors

Помимо моделирования отдельно взятых элементов судовой энергетики, возможно средствами системы автоматизированного проектирования моделирование трёхмерных моделей судовых систем, машинного отделения или даже всего судна [15]. На рис. 3 показана визуальная трёхмерная модель судовых систем трубопроводов.



Рис. 3. Трёхмерная модель судовых систем трубопроводов. Составлено авторами
Fig. 3. Three-dimensional model of ship pipeline systems. Compiled by the authors

На кафедре «Инженерные дисциплины» Дальрыбвтуза в рамках госбюджетной темы № ГБТ 870/2024-2028 «Факторы и механизмы развития инженерного мышления у студентов морских специальностей» курсантами специальности «Судовые энергетические установки» под руководством профессорско-преподавательского состава была создана виртуальная модель цилиндрического развёрнутого двухступенчатого редуктора в редакторе КОМПАС-3D v23.

Проектирование основных параметров было проведено исходя из стандартной методики расчётов.

Подшипники из стандартного ряда были выбраны из библиотеки редактора.

Изображения спроектированных деталей представлены на рис. 4–9.

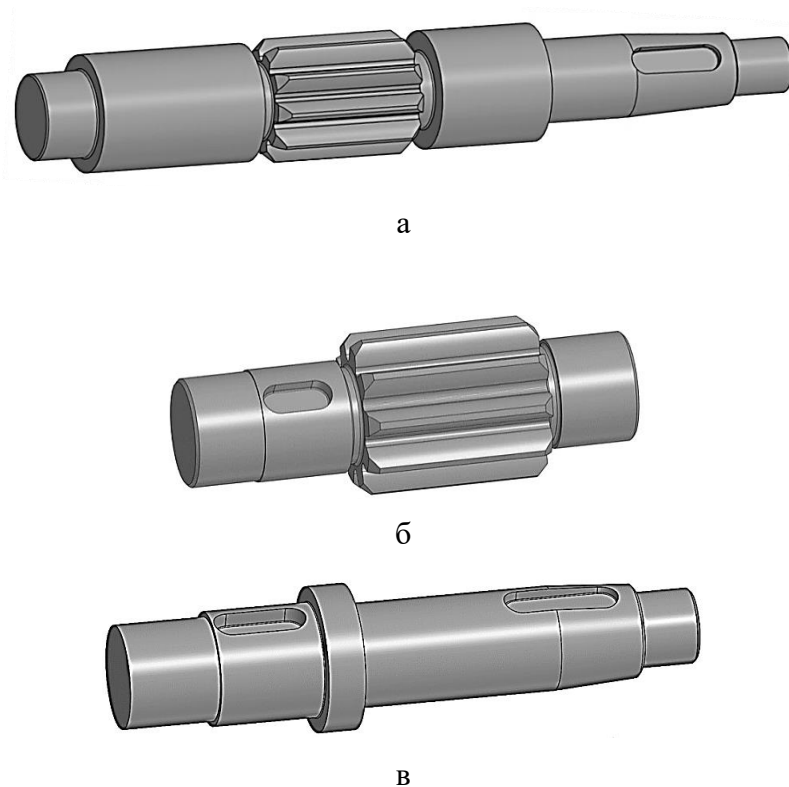


Рис. 4. Вал: а – быстроходный; б – промежуточный; в – выходной. Составлено авторами
Fig. 4. Shaft: а – high-speed; б – intermediate; в – output. Compiled by the authors

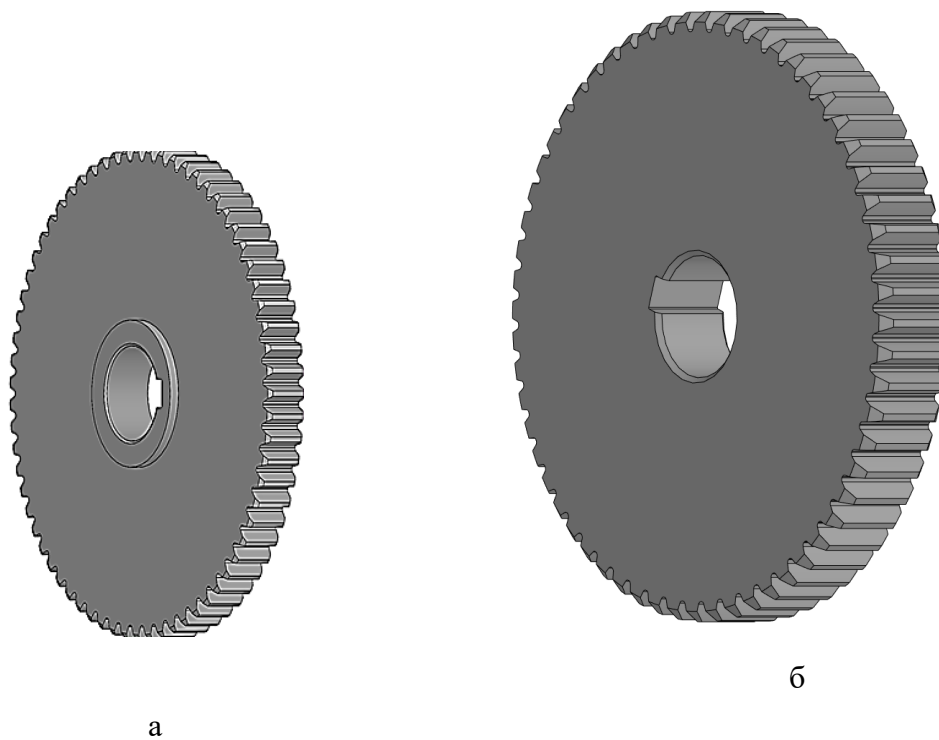


Рис. 5. Зубчатое колесо: а – шестерня; б – зубчатое колесо. Составлено авторами
Fig. 5. – Gear wheel а – gear; б – gear wheel. Compiled by the authors

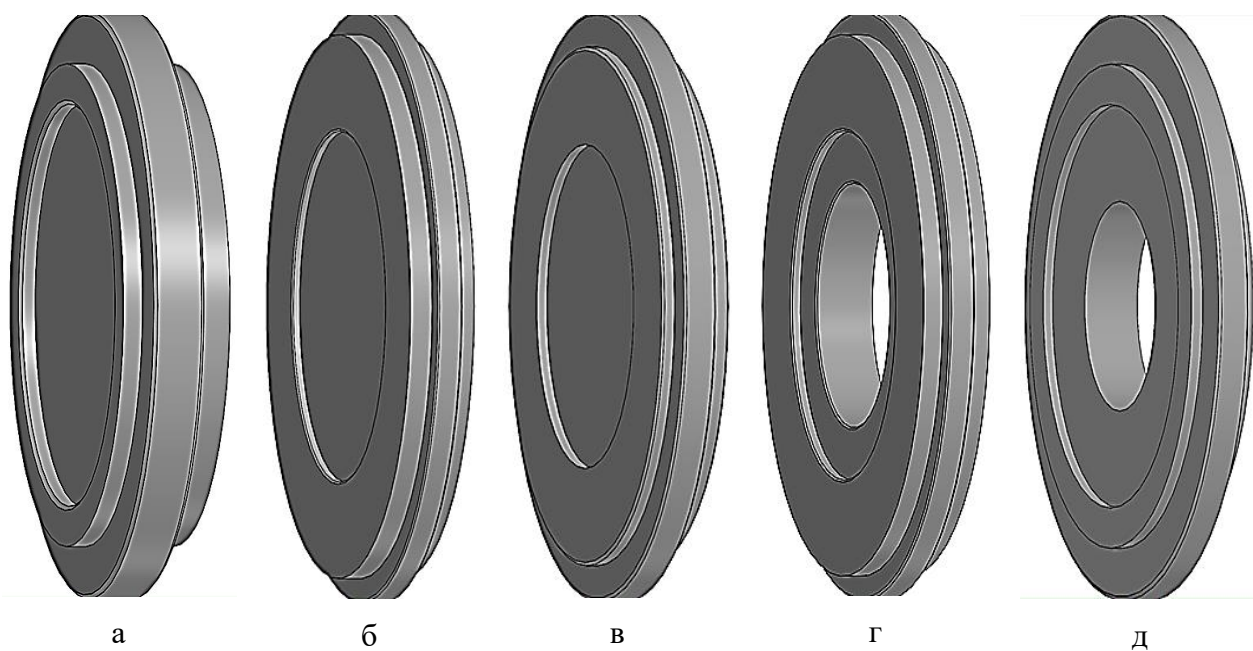


Рис. 6. Крышка подшипника: а – быстроходного вала глухая; б – выходного вала глухая; в – промежуточного вала глухая; г – выходного вала сквозная; д – быстроходного вала сквозная.

Составлено авторами

Fig. 6. Bearing cover: а – high-speed shaft is deaf; б – output shaft is deaf; в – intermediate shaft is deaf; г – output shaft is through; д – high-speed shaft is through. Compiled by the authors

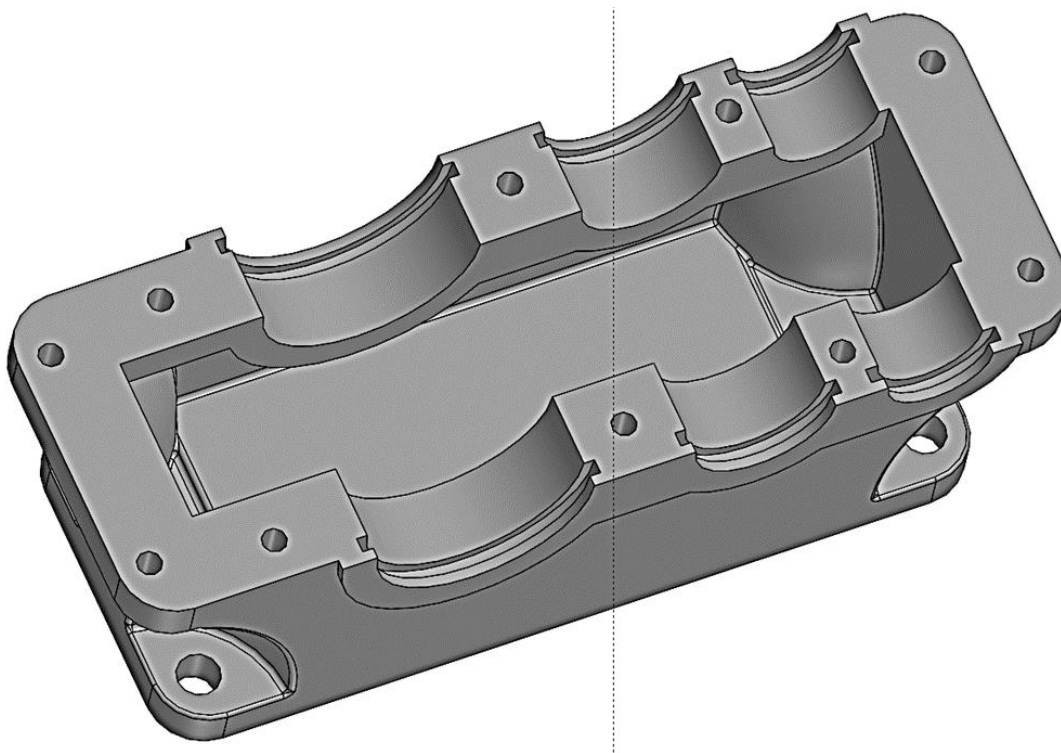


Рис. 7. Корпус редуктора. Составлено авторами
Fig. 7. Gearbox housing. Compiled by the authors

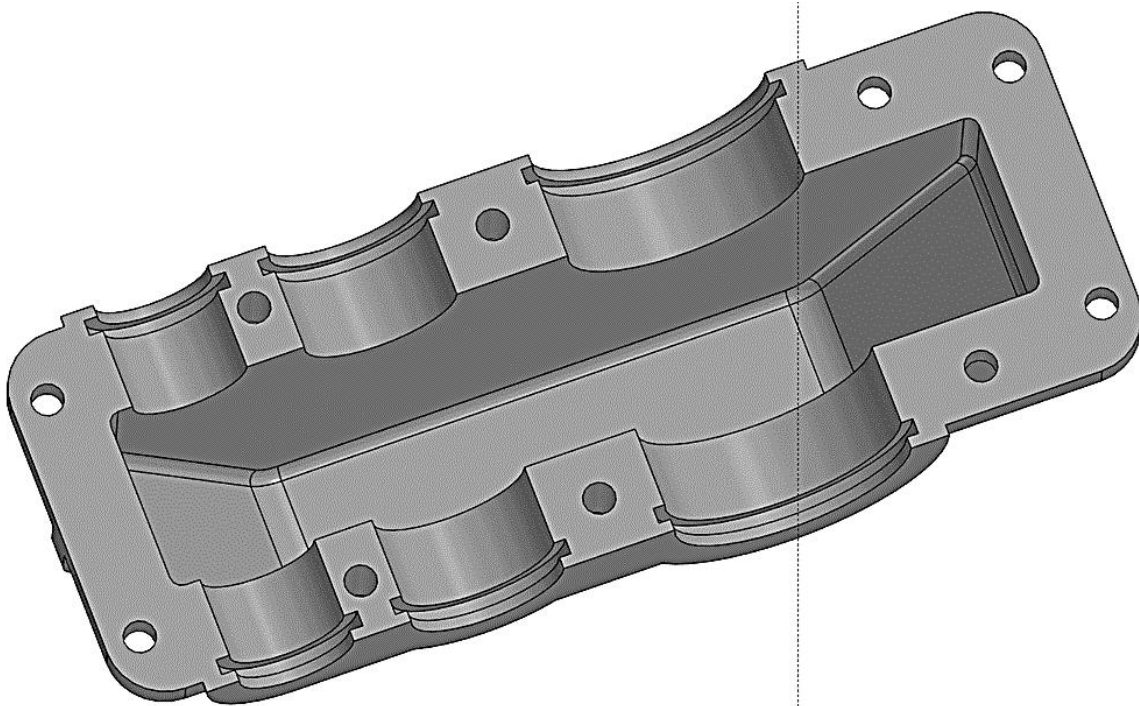


Рис. 8. Крышка корпуса. Составлено авторами
Fig. 8. Housing cover. Compiled by the authors

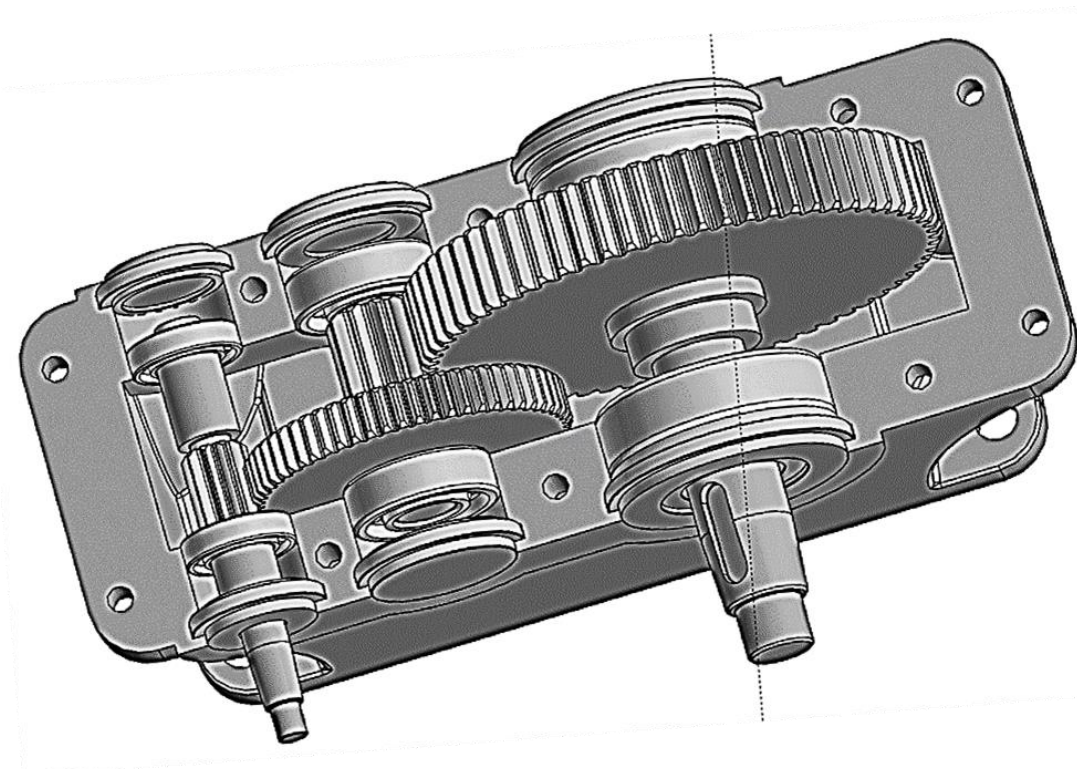
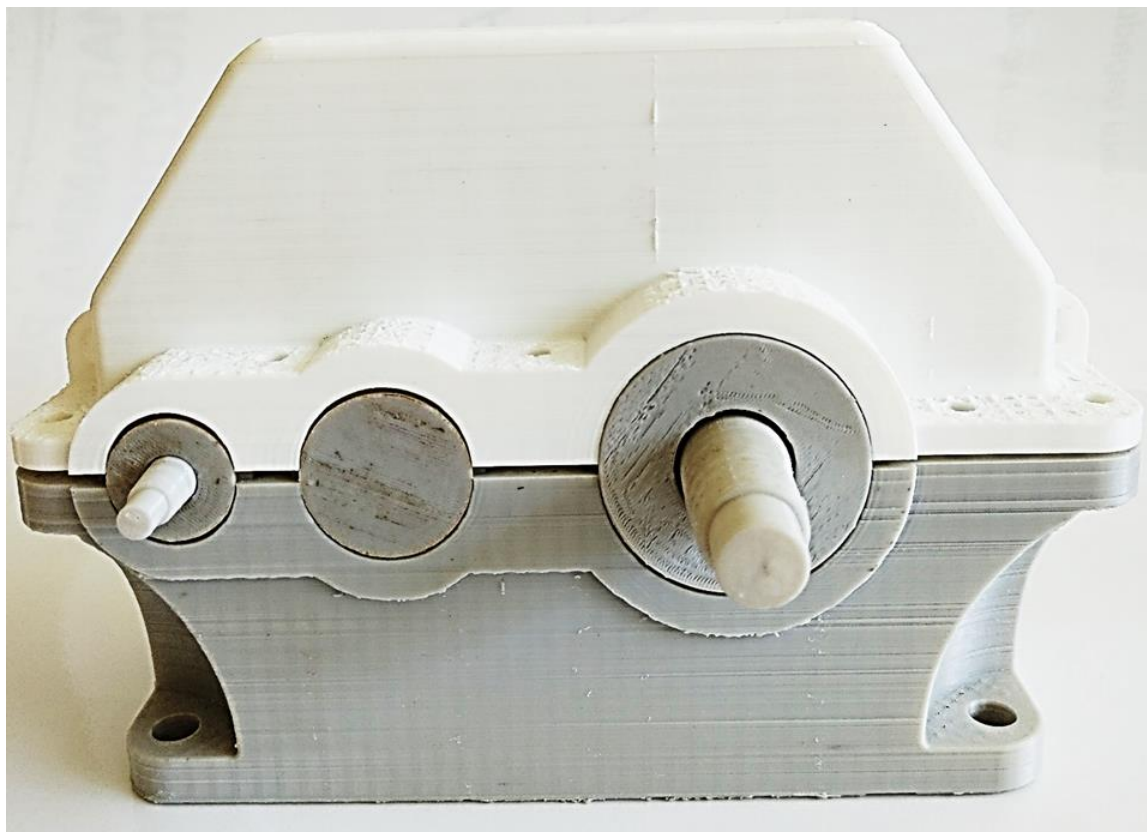


Рис. 9. 3D-модель редуктора в сборе. Составлено авторами
Fig. 9. 3D model of the gearbox assembly. Compiled by the authors

Виртуальные макеты деталей из КОМПАС-3D v23 были трансформированы в программу WanhaoMaker и напечатаны на 3D-принтере Wanhao Duplicator 5S (рис. 10).



Рис. 10. 3D-принтер Wanhao Duplicator 5S. Составлено авторами
Fig. 10. Wanhao Duplicator 5S 3D printer. Compiled by the authors



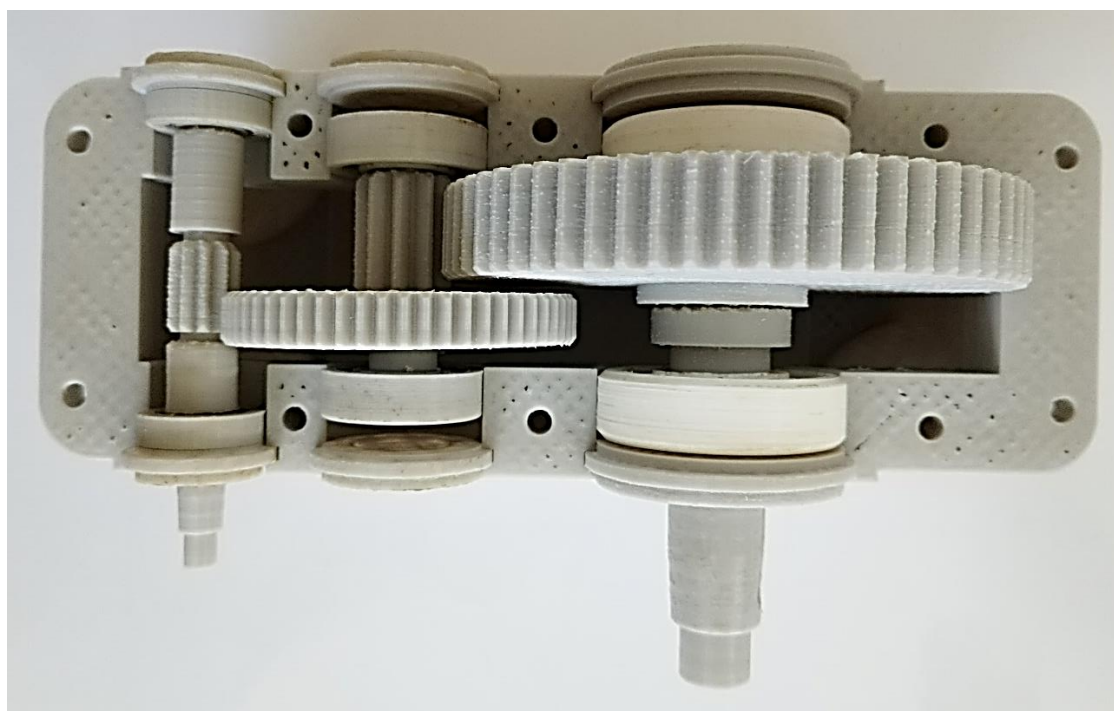


Рис. 11. Напечатанная 3D-модель редуктора в сборе. Фото сделано авторами
Fig. 11. 3D printed model of the gearbox assembly. The photo was taken by the authors

В результате по итогу рассмотрения различных вариантов моделирования элементов морской техники была создана 3D-модель развёрнутого двухступенчатого редуктора, которая была применена в 3D-печати его пластикового макета.

Основным результатом была отработка курсантами навыков поэтапного создания технического изделия с постановки задачи до физического воплощения в виде макета.

Список источников

1. Поляков Н. А., Чулкин С. Г. Информационные технологии в подготовке судостроительного производства // Труды Крыловского государственного научного центра. 2021. № S1. С. 317–318.
2. Гаврилов В. В., Сеницкая Ю. А. Принципы разработки автоматизированного информационно-справочного модуля САПР для судостроительной промышленности // Труды Крыловского государственного научного центра. 2021. № S1. С. 48–49.
3. Григорьева Е. В., Куличков С. В., Плоткина В. А. Применение междисциплинарного подхода в образовательной и научно-исследовательской деятельности на примере преподавания инженерных дисциплин курсантам судомеханических специальностей // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61, № 3. С. 87–92.
4. Kriukov A. A. Introduction of the educational trajectory for training workers in the ship repair field in Primorsky Krai // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies. 2023. No. 4. P. 115–120.
5. Далингер В. А., Моисеева Н. А., Полякова Т. А. Взаимная интеграция информационно-математической подготовки инженеров в эпоху цифровизации // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки. 2021. Т. 14, № 9. С. 1399–1419.
6. Пиралова О. Ф., Ведякин Ф. Ф., Филиппов В. М. Критерии оценки качества подготовки будущих инженеров // Высшее образование сегодня. 2020. № 10. С. 17–21.

7. Бушуева В. В., Бушуев Н. Н., Бобров А. Н. Значение научно-производственной практики при подготовке будущих инженеров // Гуманитарный вестник. 2022. № 1(93).
8. Кравченко И. И., Заварзин В. И., Бушуев Н. Н. [и др.] Анализ форм проведения технологических практик для подготовки квалифицированных инженерных кадров // Изв. высших учебных заведений. Машиностроение. 2016. № 11(680). С. 40–49.
9. Крюков А. А. Численное моделирование коэффициента скорости соплового аппарата малорасходной турбины // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2021. Т. 13, № 6. С. 849–857.
10. Крюков А. А. Численное исследование баланса потерь кинетической энергии в проточной части малорасходной центростремительной турбине // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2022. Т. 14, № 4. С. 583–590.
11. Казанов Г. Т., Нагаева М. В. Расчеты усталостной прочности судовых корпусных конструкций // Морские интеллектуальные технологии. 2020. № 1–2(47). С. 27–31.
12. Крюков А. А., Чехранов С. В. Трехмерное численное моделирование малорасходной центростремительной турбины с частичным облопачиванием рабочего колеса // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2021. № 1. С. 74–80.
13. Крюков А. А., Чехранов С. В. Сравнение значений коэффициентов скорости в турбинной ступени с частичным облопачиванием рабочего колеса // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2021. Т. 13, № 2. С. 257–265.
14. Ганин Н. Б., Евсеенко Д. Н. Численное моделирование систем газообмена судового двигателя 12ЧН26/26 // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. 2013. № 1(20). С. 38–43.
15. Поляков Н. А., Коренченкова Д. Е. Применение электронной модели судна при конструкторско-технологической подготовке производства // Труды Крыловского государственного научного центра. 2021. № S1. С. 314–316.

Сведения об авторах

Е. В. Григорьева – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Инженерные дисциплины», SPIN-код: 5698-7615, AuthorID: 654970.

С. В. Куличков – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Инженерные дисциплины», SPIN-код: 4578-5793, AuthorID: 994628.

Information about the authors

E. V. Grigoryeva – PhD in Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Engineering Disciplines, SPIN-code: 5698-7615, AuthorID: 654970.

S. V. Kulichkov – PhD in Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Engineering Disciplines, SPIN-code: 4578-5793, AuthorID: 994628.

Статья поступила в редакцию 15.11.2024; одобрена после рецензирования 26.11.2024; принята к публикации 26.11.2024.

The article was submitted 15.11.2024; approved after reviewing 26.11.2024; accepted for publication 26.11.2024.