Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



СПКБ «Морские инженерные технологии»

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФАМТ О.А. Красильникова (подпись) (23» 05 2022 г.

Начальник отдела ОНиПКРС В.В. Солецкий (подпись) « A » <u>е</u>б_____202<u></u> г.

Зав. кафедро	й КС
the	И.В. Каменских
(подпись)	
«23» 05	<u> 202 л</u> г.

ПРОЕКТ

«Методическое обеспечения моделирования объемных судовых конструкций в CAD-системе Компас-3D»

Руководитель СКБ МИТ

Научный руководитель

А.Д. Бурменский

А.Д. Бурменский

Ответственный исполнитель

Д.В. Даманский

Комсомольск-на-Амуре 2022

Карточка проекта

Название	Методическое обеспечения моделирования
	объемных судовых конструкций в CAD-системе
	Компас-3D
Тип проекта	Инициативный
Исполнители	Д.В. Даманский
	ответственный исполнитель
Срок реализации	11.2021 - 05.2022
	месяц, год

Использованные материалы и компоненты

Наименование	Количество, шт
Персональный компьютер	1
САD система Компас-3D	

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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



СПКБ «Морские инженерные технологии»

ЗАДАНИЕ на разработку

Выдано студенту: <u>Даманскому Д.В., гр. 0КСм-1</u> Название проекта: <u>Методическое обеспечения моделирования объемных</u> судовых конструкций в CAD-системе Компас-3D Назначение: <u>Исследование методологии 3D моделирования корпусных</u> судовых конструкций в CAD-системе Компас-3D Область использования: <u>В учебном процессе для направления подготовки</u> 26.03.02 и 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника морской инфраструктуры» в качестве фрагмента учебно-методического комплекса Функциональное описание: <u>Пошаговая инструкция формирование 3D-модели</u> объемной секции корпуса судна в CAD-системе Компас-3D.

Техническое описание: <u>3D-модель объемной корпусной секции, содержащей</u> разнотипные конструкционные элементы.

Требования: <u>Пошаговая инструкция должна описывать процесс</u> формирования 3D-модели объемной секции корпуса как сложной сборки, на основе моделирования ее отдельных корпусных элементов. Данная инструкция должна быть оформлена в виде методических указаний по выполнению компьютерного практикума. Дополнительно методические указания должны содержать описание процесса разработки конструкторской документации на основе цифровой модели секции. По результатам проекта должен быть подготовлен доклад на научную конференцию студентов и аспирантов.

План работ:

Наименование работ	Срок
Анализ и подбор конструкторской документации	Ноябрь, 2021
для моделирования	
Исследование и отработка методик	Декабрь, 2021
моделирования объемных судовых конструкций	- Январь, 2022
инструментами CAD-системы Компас-3D	
Разработка методического обеспечения	Февраль 2022
моделирования отдельных разнотипных	
конструктивных элементов судовых корпусных	
конструкций	
Разработка методического обеспечения	Mapm, 2022
моделирования и формирования объемных секций	
как сложной сборки из отдельных деталей	
Подготовка доклада на конференцию	Апрель, 2022
Оформление отчета, презентации, чертежей,	Май, 2022
защита проекта	

Комментарии:

Пояснительная записка к проекту выполняется по требованиям РД 013-2016

с изм. 4. Графический материал (чертеж, спецификация) оформляется по

требованиям судостроительного черчения

Перечень графического материала:

- 3D-модель судовой секции

оформленная конструкторская документация

презентация проекта

2411.0021 А.Д. Бурменский Руководитель проекта (подпись, дата)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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



СПКБ «Морские инженерные технологии»

ПАСПОРТ ПРОЕКТА

«Методическое обеспечения моделирования объемных судовых конструкций в CAD-системе Компас-3D»

Научный руководитель

побпись, дата

подпись дата

А.Д. Бурменский

Ответственный исполнитель

Д.В. Даманский

Комсомольск-на-Амуре 2022

Содержание

Введение	3
1 Методика моделирования днищевой секции судна	4
2 Моделирование бортовой секции	19
3 Создание секции палубы	35
4 Создание переборки	42
Заключение	45
Список использованных источников	46
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Исходные данные	для
моделирования блок-секции судна	47

						Лист
					СПКБ МИТ 2021 03	2
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Ζ

Введение

В настоящее время в России из-за введенных санкций, многие отечественные предприятия испытывают трудности в экономическом, ресурсном аспекте, а также можно отдельно выделить программное обеспечение. В объединенную судостроительную корпорацию входит более 40 проектноконструкторских бюро, специализированных научно-исследовательских центров, верфей, судоремонтных и машиностроительных предприятий, на которые приходится около 80% объема отечественного судостроения.

Многие предприятия «ОСК» используют импортное программное обеспечение такие как CADMATIC, AVEVA, Tribon, Foran. Президент России поручил правительству России перевести государственные органы в том числе предприятия «ОСК» на отечественное программное обеспечение до 2024 года. Однако, у России нет такого программного обеспечения, которое позволило бы создавать проекты судов, кораблей и вести его от эскиза, проектирования до готового заказа.

В 2018 году компания АСКОН протестировала возможности КОМПАС – 3D для создания трехмерной модели корпуса судна. Команда разработчиков и инженеров создали трехмерную модель кормовой части суднанефтесборщика. Работа показала, что КОМПАС – 3D может создавать подобные проекты. В настоящее время команда разработчиков трудится над созданием инструментов, а также над адаптацией программного комплекса КОМПАС-3D под требования судостроения.

Перед компанией АСКОН стоит задача импортозамещения программного обеспечения для авиационной и судостроительной отрасли.

В данном проекте разработана инструкция по созданию судовых корпусных конструкций на основе исходных данных, приведенных в приложении А.

						Лисп
					СПКБ МИТ 2021 03	2
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

1 Методика моделирования днищевой секции судна

Моделировании днищевой секции судна делится на несколько этапов.

1 этап. Создание цифрового плаза, включает в себя создание вспомогательных плоскостей, которые являются теоретическими плоскостями продольного и поперечного набора;

2 этап. Создание поверхности корпуса или ее импортирование в область модели;

3 этап. Создание основного продольного набора;

4 этап. Создание поперечного набора;

5 этап. Создание подкрепляющих элементов (россыпь).

На первом этапе необходимо знать размер практической шпации, высоту двойного дна, применяемый профиль, толщины листов.

Создание цифрового плаза начинается с ориентации модели. Принято ориентировать модель следующим образом:

- направление оси Х в сторону носа;

- направление оси У в сторону левого борта;

- направление оси Z вертикально вверх от основной плоскости.

После того, как модель сориентирована, с помощью команды смещенная плоскость рисунок 1, создается вспомогательные плоскости шпангоутов.



						Лист
					СПКБ МИТ 2021 03	,
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

На втором этапе необходимо создать поверхность корпуса судна. Есть два варианта создания поверхности:

- импортировать поверхность в формате iges из программы FreeShip или другой программы;

- из файла DXF копировать практические линии шпангоутов и вставлять в каждую соответствующую плоскость нужный шпангоут.

В данном случае был применен второй способ создания поверхности. При создании поверхности используется команда поверхность по сети кривых рисунок 2. Чтобы построить поверхность с помощью данной команды необходимо последовательно выбрать кривые, которые образуют форму поверхности. Результат выполнения команды показан на рисунке 3.

Стоит отметить, что опытным путем выяснилось, если часто устанавливать кривые, которые были импортированы из формата DXF, то поверхность имела не точности при построении, они имели вид наложения поверхности и данная проблема негативно влияло на дальнейшее моделирование судовой конструкции.





Рисунок 3 – Результат выполнения команды поверхность по сети кривых

Третьим этапом является создание основного продольного набора такого как, днищевой стрингер, вертикальный или туннельный киль, ребра жесткости.

На третьем этапе создаются вспомогательные плоскости днищевых стрингеров и туннельного киля, это нужно, чтобы конструктор имел возможность позиционировать листовые детали в плоскости параллельной диаметральной плоскости.

Для создания днищевого стрингера используется команда пластина рисунок 4. В параметрах указываются следующие данные:

						Λυςι
					СПКБ МИТ 2021 03	C
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		0

- Указывается сортамент, например:

Сортамент- лист-лист катанный из судостроительной стали – сталь A40

- толщина пластины;

- длина и ширина пластины в случае, если необходимо построить прямоугольную пластину, а также есть возможность построить пластину произвольной формы, активизируйте поле Эскиз и укажите эскиз, ранее созданный в документе;

- опорный объект (в данном случае вспомогательная плоскость);

- плоскость (в данном случае вспомогательная плоскость);

Разместить пластину можно одним из способов:

- в точечном объекте и параллельно заданной плоскости

Укажите в графической области опорный объект — точечный объект, а затем плоскость или грань, параллельно которой нужно разместить пластину.

- на расстоянии от объектов в заданной плоскости

Укажите в графической области плоскость или грань, на которой нужно разместить пластину.

Задайте расстояния и угол поворота в секции Размещение.

По умолчанию фантом находится в Плоскости XY. Нажатие комбинации клавиш <Shift> + <Tab> располагает ее в Плоскости ZX, повторное нажатие — Плоскости ZY

Чтобы построить плоскость, если она отсутствует, нажмите кнопку **построить плоскость**. Будет запущен процесс создания плоскости системы КОМПАС-3D. После завершения процесса произойдет автоматический возврат в команду Приложения.

Построенная плоскость автоматически считается выбранной в качестве объекта, независимо от того, был ли указана ранее плоскость или нет.

						/
					СПКБ МИТ 2021 03	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 4 – Команда пластина

После того, как выставлены днищевые стрингера выставляется продольные ребра жесткости. Чтобы выставить продольные ребра жесткости необходимо создать образующие.

Образующие можно создать несколькими способами:

- создание эскиза;
- трехмерный каркас.



Создание бракет и формирование флора делается аналогично созданию днищевых стрингеров за исключением указанием границ. В параметрах установки пластины задаются границы, определяющие ее конфигурацию рисунок



Рисунок 6 – Бракета

После того, как установили бракеты и продольные ребра жесткости, создаются проколы для прохода ребер жесткостей в бракетах.

Для этого используется команда прокол, на панели инструментов активируем команду и выбираем ребра жесткости, которые пройдут через набор, затем выбираем те пластины, через которые проходят ребра. Затем выбираем тип выреза и ставим или снимаем галочку с окошка заделка.

Для вызова команды нажмите кнопку Прокол на инструментальной панели **Металлоконструкции**.

Чтобы построить прокол, выполните следующие действия.

1. Выберите тип профиля, для которого строится прокол, из списка **Тип.**

2. Укажите в списке Тип выреза вариант геометрии выреза.

						Лист
					СПКБ МИТ 2021 03	0
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

В поле Прокол на Панели параметров отображается внешний вид выреза.

3. При активизированном поле **Пластины** укажите пластины, в которых требуется создать прокол.

4. При активизированном поле **Профили** укажите в графической области профили, для которых выполняется прокол.

Объекты подсвечиваются, а их наименования появляются в списках Панели параметров. На фантоме пластин(ы) появляются отверстия в местах пересечения с профилями.

5. Нажмите кнопку Создать объект.

За один вызов команды можно построить проколы для нескольких групп объектов.

Чтобы прервать работу команды, нажмите кнопку Завершить.



Создается вспомогательная плоскость и создается эскиз для проецирования. В модуле каркас и поверхности с помощью команды проекционная кривая, производится проецирование созданного эскиза на поверхность. После производится построение ребер жесткости.

В качестве поверхности проецирования может использоваться:

- грань тела или поверхности;

- координатная или вспомогательная плоскость;

- набор граней тел и/или поверхностей.

В качестве базовой кривой может использоваться:

- пространственная кривая (в том числе экземпляр массива),

- ребро тела и поверхности,

- линия эскиза,

- набор вышеперечисленных объектов,
- координатная или вспомогательная ось,

- массив кривых,

- группа изопараметрических кривых.

Чтобы построить проекционную кривую необходимо активировать команду проекционная кривая. В параметрах задать поверхность, на которую будет спроецированы кривые, затем в графической области указать базовую кривую (эскиз). Также необходимо выбрать способ проекции базовой кривой с помощью группы элементов тип проекции:

- По нормали к поверхности;

- По направлению.

При проецировании кривых на скуловую часть днищевой секции используется тип проекции по направлению рисунок 8.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	



Рисунок 8 – Проекционная кривая

По проецированным кривым установить профили по нормали к скуловому листу днищевой секции.

Скуловая бракета создается с помощью команды пластина и указываются 4 границы, поверхность скуловой части, бортовой стрингер, наклонный лист и днищевой стрингер рисунок 9.



Лист № докум. Подпись Дата СПКБ МИТ 2021 03	Лист
Лист № докум. Подпись Дата	12
	12

Изм.

Необходимо повторить команды для остальных рамных шпангоутов. Результат выполнения построения представлен на рисунке 10



Рисунок 10 – Результат построения основного поперечного и продольного набора днищевой секции

Данная днищевая секция имеет дополнительные бракеты в диаметральной плоскости, которые служат опорой для гофрированной продольной переборки танка.

Бракеты расположены под углом к диаметральной плоскости, как показано на рисунке 11. В данном примере использован метод создания эскиза в виде прямых, расположенных под определенным углом и использована команда элемент выдавливания результат представлен на рисунке 12.

Такой способ построения позволяет контролировать расположение бракет более удобным способом, чем при построении дополнительных плоскостей или позиционировании профиля пластина.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Рисунок 11 – Эскиз бракет расположенных в туннельном киле

В данной конструкции используется конструкция туннельный киль для его определения по размещению зеркально отражаем построенный ранее днищевой стрингер рисунок 12.



Подпись

Дата

Лист

Изм.

№ докум.

Для поперечной непроницаемой переборки танка также применяются бракеты, которые расположены по полушироте судна. Построение производится аналогичным способом, однако построение таких бракет в скуловой части отличается от ранее приведенного примера.

Последовательность построения следующая:

- создается эскиз линии бракет в режиме создания эскиза;

- активируется команда элемент выдавливания;

- указывается эскиз, способ выдавливания указывается *до объекта* и указывается объект, например, наклонный лист рисунок 13;

- создается второе направление, указывается способ выдавливания *до объекта* и выбирается объект поверхность скулового листа;

- подтверждается команда создания тела.



Рисунок 13 – Создание бракет в скуловой части для поперечной переборки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Следующим этапом является, создание выреза в бракетах. Для этого создаются эскизы в плоскости флора или отдельной бракеты и с помощью команды вырезать выдавливанием создается вырез.

Некоторые выреза имеют обрамление в виде пояска. На инструментальной панели в модуле моделирование металлоконструкции находиться команда поясок, с помощью этой команды возможно построить поясок для тавра, обрамление выреза.

После активации команды задаётся толщина пояска, выбирается опорная поверхность, задаётся положение пояска рисунок 14.



Рисунок 14 – Создание обрамление выреза

Пятым этапом является создание и расстановка деталей подкрепления таких как кница, подкрепляющие ребра жесткости и бракеты.

Рассмотрим построение два варианта расположения ребер жёсткости:

1 Ребро жесткости имеет три опорных грани. Например, ребро подкрепляет продольные ребра жесткости и бракету рисунок 15;

						Лист			
					СПКБ МИТ 2021 03				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

2 Ребра жесткости подкрепляют вырез.

В первом случае построение производится следующим образом:

- активируется команда ребро жесткости;

- в группе форма ребра выбирается прямоугольное ребро, затем указывается в графической области опорные грани продольное ребро жесткости и грань флора;

- ребро позиционируется в группе положение ребра и подтверждается команда.



Рисунок 15 – Вертикальное ребро жесткости подкрепляющее пластину и продольный набор

В конструкции не мало бракет и книц, которые имеет сложную лекальную форму. Такие детали моделируются отдельно и вставляются в сборку рисунок 16. Детали создают с помощью инструментов твердотельного моделирования объектов.

					CERE MUT 2024 02	Лист		
					СПКБ МИТ 2021 03			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				



Рисунок 16 – Установка в сборку отдельных корпусных элементов

Все остальные элементы создаются и устанавливаются аналогично приведенным примерам.

Данный метод построения трехмерной модели днищевой секции является рекомендуемым. Для каждой конструкции может применятся разная последовательность моделирования это зависит от применяемой системы набора в судовой конструкции корпуса, размеров, назначения судна и его специфики.

						Лис
					СПКБ МИТ 2021 03	10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

2 Моделирование бортовой секции

Бортовая секция состоит из следующих элементов:

- наружная обшивка и внутренняя обшивка борта;
- бортовые шпангоуты;

- бортовой стрингер;

- диафрагма;

- ребра жесткости;

- кницы и бракеты.

Моделирование конструкции борта аналогично построению днищевой секции, применяются те же инструменты и команды.

Этапы моделирования:

- расстановка вспомогательных плоскостей шпангоутов, бортовых стрингеров, палуб;

- моделирование поверхности внутреннего борта;

- расстановка стрингеров;

- расстановка поперечного набора (бортовых шпангоутов);

- создание диафрагм;

- расстановка подкрепляющих ребер жесткостей и книц.

Расстановка вспомогательных плоскостей позволяет отчетливо видеть плоскость шпангоутов и уровни бортовых стрингеров, платформ, палуб. Установка плоскостей позволяет быстро сформировать диафрагмы бортовой секции.

В программе возможно изменить цвет плоскости и это позволяет видеть, где располагаются рамные шпангоуты.

На рисунке 1 показана расстановка вспомогательных плоскостей с помощью команды смещенная плоскость.

						Лисп		
					СПКБ МИТ 2021 03			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19		



Рисунок 1 – Расстановка вспомогательных плоскостей

После установки вспомогательных плоскостей создается эскиз внутреннего борта в поперечном сечении в трех и более плоскостях рисунок 2. Эскизы должны быть соединены прямой (кривой) каркаса.

Данное действие позволяет создать поверхность внутреннего борта по сечениям и по направляющей. Направляющая дает дополнительную точность при построении по сечениям рисунок 3.

Когда поверхность построена, ее необходимо сшить с помощью команды сшивка поверхности. С помощью этой команды возможно соединение открытых ребер одной или нескольких поверхностей с получением целой поверхности, а также присоединение поверхности (поверхностей) к открытым ребрам тела, целостность которого нарушена.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата







						Λυςπ
					СПКБ МИТ 2021 03	21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

После формирования поверхности внутреннего борта создается бортовой стрингер аналогично созданию бракеты, ограниченной двумя гранями рисунок 4.



Рисунок 4 – Создание бортового стрингера.

Бортовой набор включает в себя чередующиеся рамные и холостые шпангоуты.

Чтобы построить шпангоуты необходимо спроецировать их линии на поверхность борта аналогично проецированию линии продольных ребер жесткостей на скуловую часть корпуса при проектировании днищевой секции.

Согласно ГОСТ 21937-76 максимальный номер профиля 24б, что означает высоту полособульба 240 мм. Для данной корпусной конструкции используется полособульб высотой 300 мм. Данный полособульб является зарубежным стандартом и информацию о нем можно запросить у компании производителя или у судостроительного предприятия.

Исходные данные несемметричного полособульба высотой 300 мм.

- b (мм) 300 – высота полособульба;

- t (мм) 12 – толщина стенки;

						Лист
					СПКБ МИТ 2021 03	22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

- c (мм) 46 – ширина полки;

- r (мм) 13 – радиус закругления верхней правой, левой и нижней части полки.

В сортаменте КОМПАСА нет такого полособульба, но имеется возможность создать свой профиль следующим способом:

Во окне материалы и сортамет для КОМПАС включаем режим редактирования, чтобы его включить заходим во вкладку *сервис- режим редактирования* рисунок 5.

🎼 Материалы и Сортаменты для КОМПАС						- 🗆		
<u>Ф</u> айл <u>Р</u> едактор <u>В</u> ид <u>И</u> нструменты Сервис <u>С</u> правка								
📦 🛤 🗄 📣 📌 🙀 🕕 🔬 🐗 Избранное	F6	í –						
Выбранный объект Сортаменты Лол 🙌 Поиск	Ctrl+F	ичны	і́для судостроения) ГОСТ 21937-76\	Сталь А40 ГОСТ 5521-9	13			
💩 🛛 🖺 Классификатор матери	алов по коду	Сво	ИСТВа Лополнительная информация					
🗣 с 🐭 Свойства			,					
Па Контексты		BCe	свойства	副鹿島の	V 640	1 22		
			Наименование	Значение	Ед.изм.	Контекст		
т Пить		Ð	Относительное удлинение после ра	a 19	%			
ПОТЛИВКА			Плотность	7850	кг/м3			
🗄 🛅 Пенополиуретан 🛛 💥 Настройка			Предел прочности (Временное соп.	5.3E+8 - 6.9E+8	lla			
🕀 🛅 Пластина	S		Предел текучести	3.9E+8	Па			
🕀 🛅 Пленка 🔛 Режим редактирования			Содержание алюминия (AI)	0.015 - 0.06	%			
🗄 🛅 Плита 💎 Фильтр по категориям			Содержание кремния (Si)	0.8 - 1.1	%			
Полиэтилен		had	Солержание маргания (Мр)	05.08	Ŷ			
Полоса Кодификатор		100	14 (14)	Commune				
Экземпляры сортаментов		Сортамент Размеры						
— 16 Полособульб (горячекатаны Ф. Стата А БОСТ 5521.02			Типоразмеры		(i) (ii)			
Сталь АТОСТ 5521-53		7			7 FOCT 01007 70			
Сталь А275 ГОСТ 5521-55		10		доросов 💈 🤄	ульб			
Crans A36 EDET 5521-93		16a			A4010CT 5521-93			
Crans A40 FOCT 5521-93		22a		_				
- 💑 Сталь A40S ГОСТ 5521-93								
- 📣 Сталь В ГОСТ 5521-93								
— 📣 Сталь D ГОСТ 5521-93								
— 📣 Сталь D36 ГОСТ 5521-93								
— 🔊 Сталь D40S ГОСТ 5521-93		-						
м сталь ETUCI 5521-93		500	Параметр		Значение			
Const. E22 51 UCI 5321-53		1	Иатериал Стал	ь А40 ГОСТ 5521-93				
Crade E20 FOCT 5521-55	~	B.	Документ на материал ГОС	Т 5521-93 Прокат сталя	ьной для судостроения. 1	ехнические условия.		
<	>	1.1.16	85 2					
🛃 Обработки								
🕱 Формы								

Рисунок 5 – Включение режима редактирования

Переходим во вкладку редактор типоразмеров и создаем новый типоразмер профиля нажав на иконку создать новый профиль.

					СПКБ МИТ 2021 03				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

	正 🤍 📲 🏂 🕈 😚 🗣 🗞	غ 🖬 😪 🖛 🖾 🖕	Y T Ø	×						
			N							
-	🕼 Материалы и Сорта	менты для КОМПАС								-
🥔 Выбор объекта —	Файл Редактор Вид	Инструменты Сервис С	правка							
🕒 🗉 🗶 l 🏟 😤 l 🔃 🥵	🖗 🌭 🛯 🕰 😡	👷 💷 🛍 🛍 😰 🛛	x 🗈 X 🗈	5 40						
30 FOCT 21937-76	China Comment of the same	Canada			етриче	ный для судостроения) ГОСТ 21	937-76\CT	аль А40 ГОСТ 5521-	93	
Полособульб Е40S ГОСТ 5521-93	ез. Редактор типоразмеров			^	C	Свойства Дополнительная инф	ормация			
22a FOCT 21937-76	📋 📝 🗶 🕍 Шаблон обоз	начения			E	Все свойства	- 7 A	11 🖻 🖓 🚱 🛛		
€ Полособульб	5 Добавить (Ins)	Passep	Значение	Ед.иом.	۰.	Наименование		Значение	Едизм.	Контен
	5,5	Ширина полки	0.021	м	2	Вид заготовки Потносительное чалинение по Потносительное чалинение чалинение по Потносительное чалинение чалинение по Потносительное чалинение ч	ocae pa	19	*	
Полособульб 146 ГОСТ 21937-76	6	Толщина стенки	0,005	м	1	Плотность	in a second process	7850	кг/м3	
A405 FOCT 5521-93		Радиус закругления	0.0005		- 3	🔄 Предел прочности (Времени	ee con	5.3E+8 · 6.9E+8	Па	
	8	левой верхней части полки	0,0035	м		Предел текучести		3.9E+8	Па	
	10	Радиус закругления				Содержание алючиния (Al)		0.015 - 0.06	*	
	12	правой верхней части полки	0,0035	м						
	14a	Радиус закругления	0.0026		1.1	7 12 2 13		Сортамент Ра	зэмеры	
	146	нижней части полки	0,0035	M	LГ	Типоразмеры		1 3 1 1 1 1	10 AL R X	6113
	16a				7				7 FOCT 21937-76	1.00
	166				1	0		🕨 📱 🛛 🕹	Syne6 440 FOCT 5521-93	
	188				1	6a		_	11101001 0001 00	
	20a				2	22a		_		
	206									
	22a	4								
the set of set of set of the	Фильтр созвожится	1								
	Сортамент: Полособульб (горячекат	аный несимметричный для суд	остроения) ГОСТ	21937-76						
		OK	Отмена	Справка						
	- 🕸 Cran	E27S FOCT 5521-93				Параметр			Значение	
	👘 Сталь	E32 FOCT 5521-93			-	⊖ Kog di M	C	40 FOCT FE31 03		
	ф Гтарь	F 36 FOCT 5521-93			1	материал	CTARE A	AUTULI 5521-93		
	C.			,		документ на материал	Dopport	од ноот прокат сталь бильб Ігоряни атань	июи для судостроения.	силоствоения)
		🛃 Обработки			2	Б Сортамент	21937-7	6 6	an recommend paramole grou	- Secon booming
		SP manue					FOCT 2	1927 7E Dessentur	б горонек атаный масник	Herrowski and

Рисунок 6 – Создание нового профиля

В окне значения размера вводим необходимые данные. Необходимо обратить внимание, что единицы измерения по умолчанию указаны в метрах рисунок 7.

	Размер	Зизнение Едиски Префико Сиффико
	🕼 Значение размера	Упачение сализм. поезчике судерние Х
	Значение	
	Ел измерения	
	т	
-	Пип значения	Значение
_	np <u>o</u> croe	0.4
-	🔾 диапазон	
-	О с допуском	Префикс Суффикс
-		
-		
- 0		ОК Закрыть Справка
-		
6	🗹 Непрерывный ввод	ОК <u>З</u> акрыть Справка
		*
COL	ламент, полосооульо (го	рячекатаный несимметричный для судостроения)т ОСТ 21557-76
		ОК О <u>т</u> мена Справка
	Р	исунок 7 – Ввод значений

После ввода всех необходимых данных подтверждаем создание нового типоразмера профиля.

После создания профиля необходимо в окне типоразмеры рисунок 8 активировать команду показать типоразмеры с экземплярами сортамента. После активации данной команды в окне типоразмеры появятся все профили в том числе и новый созданный.

B	се свойства 🛛 🖌 🌱	1 🖉 🖓 🧐			
	Наименование	Значение	Ед.изм.	Контекст	1
	👼 Вид заготовки	Прокат			
1	🛅 Относительное удлинение после ра	19	%		
1	🚰 Плотность	7850	кг/м3		
	🚡 Предел прочности (Временное соп	5.3E+8 - 6.9E+8	Па		
	🚡 Предел текучести	3.9E+8	Па		
	🛃 Содержание алюминия (AI)	0.015 - 0.06	%		
		0.8.11	9		1
16 18	Показать типоразмеры с экземпл	лярами сортамента	а ульб А40 ГОСТ 21937-76 А40 ГОСТ 5521-93		
18 20 20 22 22 24 24	5 a 5 a 5 a 5		A401001302133		
18 20 20 22 22 24 24 30	5 3 5 3 5 3 5		A401001302133		
18 20 20 22 22 24 24 30	5 3 5 3 5 5 7 7		A401001302133		
18 20 20 22 22 24 24 30	5 а а 5 а 5 а 5 5 5 Лараметр Код	~	Значение		-
18 20 22 22 24 24 30	5 а 5 а 5 а 5 5 Код Материал Сталь А	40 FOCT 5521-93	Значение		
18 20 20 22 24 24 30	5 а 5 а 5 а 5 а 5 5 5 5 5 7 7 7 7 7 7 7	40 ГОСТ 5521-93 521-93 Прокат сталь	Значение ной для судостроения. Те	ехнические условия.	
18 20 20 22 24 24 30 4 30	5 а 5 а 5 а 5 а 5 5 5 5 5 5 5 5 5 7 7 7 7	40 ГОСТ 5521-93 521-93 Прокат сталь бульб (горячекатань 6	Значение ной для судостроения. Те й несимметричный для с	ехнические условия. Удостроения) ГОСТ	

Рисунок 8 – Типоразмеры сортамента

Выбираем созданный типоразмер профиля и активируем команду создать экземпляр сортамента рисунок 9.

						Лист
					СПКБ МИТ 2021 03	25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Типоразмеры	The second secon	
-2		
ia		Создать экземпляр сортамента (Ir
6		
la		
16		
la		
а .б		
появившемся окн	Рисунок 9 – Созда не подтверждаем	ание экземпляра добавление экземпляра сорт
с 10. 🎼 Добавление экземп	ляра сортамента	×
Сформируйте обс	означение экземпляра сорт	амента
Свойство	Значение	По ГОСТ 19903
Точность проката		А - повышенной точности
Плоскостность		Б - нормальной точности
Состояние кромки		По ГОСТ 8509, 8510
Налзор		
Изготовление		В - обычной точности
Отклонения		По ГОСТ 21937
		А - высокой точности
		В - обычной точности
Обозначение Шаблон с	бозначения	
Полособульб	30 FOCT 21937-76 A40 FOCT 5521-93	
Экземпляр сортамента: П	олособульб 30 ГОСТ 21937-76/А	40 FOCT 5521-93
	L	Далее / Отмена Справка
осле подтвержден	ия активируем ко	оманду выбрать рисунок 11.

Лист

№ докум.

Изм.

Подпись

Дата

		Сортамент Размеры					
Типоразмеры 166 18а 20а 206 22а 226 24а 246 30		All Image: Ctrl+Enter) CT 21937-76 Выбрать (Ctrl+Enter) CT 5521-93					
Параметр © Код		Значение	1				
📣 Материал	Сталь А40 Г	FOCT 5521-93	1				
📄 Документ на материал	FOCT 5521-	93 Прокат стальной для судостроения. Технические условия.					
援 Сортамент	Полособуль 21937-76	ьб (горячекатаный несимметричный для судостроения) ГОСТ					
📄 Документ на сортамент	ГОСТ 21933 судостроен	7-76 Полособульб горячекатаный несимметричный для ия. Сортамент.					
	122 00						

Рисунок 11 – Выбор сортамента

После выбора производим расстановку шпангоутов по созданным линиям шпангоутов.

В соединении холостых шпангоутов с бимсами, бракетами не редко используются технологические зазоры в 10-20 мм для повышения технологичности сборки, так как при плотном примыкании торец балки приварен к настилу или сопрягаемой балке и это создает дополнительную подгонку и такой вариант нетехнологичен. Поэтому очень часто применяют технологический зазор, который позволяет упростить сборку, однако прочность таких соединений несколько меньше, а по концам шпангоута на обшивке борта возникает жесткая точка. Жесткая точка устраняется путем установки кницы или в данном случае бракеты.

На рисунке 12 с помощью команды *отсечь/удлинить группу профилей* создается технологический зазор. Выбираются редактируемые профили и плоскость, от которой для выбранного торца будет задан зазор.

						Лист
					СПКБ МИТ 2021 03	27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27



Рисунок 12 - Создание технологического зазора

Результат после выполнения создания поверхности внутреннего борта, расстановки шпангоутов и создания технологического зазора представлен на рисунке 13.



Рисунок 13 – Установленные шпангоуты

Установка диафрагм аналогична установке скуловых бракет, ограниченных четырьмя гранями. С помощью команды пластина создается диафрагма Лист СПКБ МИТ 2021 03 № докум. Лист Подпись Дата Изм.

28

для которой задаются в качестве границы поверхность корпуса, бортовые стрингеры и поверхность внутреннего борта рисунок 14. Важно учесть, чтобы позиционирующая точка пластины была внутри ограниченной области, в противном случае построение будет производится с ошибкой.



Рисунок 14 – Установка диафрагмы

Завершающий этап, который предполагает расстановку деталей россыпи (книц, бракет, подкрепляющих ребер жесткости). Данный этап несет наибольшую трудоемкость и объем при моделировании.

В установленных диафрагмах создаем выреза, а затем создаем подкрепляющие ребра жесткости.

Подкрепляющие ребра жесткости создаются в следующей последовательности:

1) На грани пластины создается эскиз в виде линий, как показано на рисунке 15;

2) Активируется команда профили по образующим;

 Выбираются образующие и производится позиционирование профиля;

4) Подтверждение команды.

						_
						Лист
					СПКБ МИТ 2021 03	20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29



Рисунок 15 – Эскиз теоретических линий подкрепляющего набора

Если подкрепляющий набор на разных шпангоутах отличается друг от друга, то необходимо создавать новые эскизы и производить построение. В данном примере подкрепляющие ребра жесткости не меняли свое расположение относительно выреза в диафрагме, угол наклона и размеры профиля. Поэтому можно применить команду массив по точкам.

Для построения массива, позиции экземпляров которого заданы точечными объектами, используется команда Массив по точкам.

Способы вызова команды

• Инструментальная область:

						Лист
					СПКБ МИТ 2021 03	20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

• Твердотельное моделирование — Массив, копирование — Массив по точкам

• Сборка — Массив, копирование — Массив по точкам

• Главное меню: Моделирование — Массивы — Массив по точкам

Выберите исходные объекты для построения массива, задайте параметры построения, проконтролируйте правильность заданных значений с помощью фантома и завершите операцию рисунок 16.



Рисунок 16 – Массив по точкам

Подкрепляющие ребра жесткости замыкаются на продольные ребра жесткости, которые проходит под бортовым стрингером. Чтобы построить ребра жесткости идущих по стрингеру, применяется команда трехмерный каркас.

В данном примере используется элемент отрезок для построения трехмерного каркаса.

Элемент отрезок позволяет построить отрезок по точкам:

						Лист
					СПКБ МИТ 2021 03	21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		וכ

- При активизированном переключателе укажите курсором начальную и конечную вершину отрезка.

Замечание. Если в качестве начальной вершины указана присоединительная точка, то отрезок автоматически строится в направлении ее первой оси.

Для построения отрезка были выбраны нижние угловые точки стенки профиля. Можно выбрать любую точку так как при позиционировании профиля по отрезкам есть возможность установить зазор, смещение и угол наклона создаваемого профиля рисунок 17.



Рисунок 17 – Создание трехмерного каркаса для установки ребер жесткости

В процессе моделирования конструкции корпуса часто используется команда усечь/удлинить профиль, стыковая разделка в примере, показанном на рисунке 18. Поперечные ребра жесткости внутреннего борта пересекают бортовой стрингер, чтобы это исключить, используется команда усечь/удлинить профиль.

В данной секции борта в плоскости не рамного шпангоута устанавливаются бракеты, примыкающие к бортовому шпангоуту, шпангоуту внутреннего борта и грани бортового стрингера. Для размещения такой бракеты

применяется команла ребро жесткости на инструментальной панели метал-

					СПКБ МИТ 2021 03
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

локонструкции. В группе форма ребра выбирается прямоугольное ребро, затем указывается в графической области опорные грани бортового шпангоута и бортового стрингера. Фантом ребра жесткости продлить в тело шпангоута внутреннего борта. Для того чтобы обеспечить лекальную форму по ребру для бракеты используем команду стыковая разделка. Данная команда позволяет выполнять стыковую разделку объектов с зазором. При построении стыковой разделки один объект является формообразующим, а другие объекты— редактируемыми



Рисунок 18 – Усечение ребра жесткости по грани бортового стрингера

После выполнения описанных команд производим построение пояска для бракеты рисунок 19 с помощью команды поясок. Данная команда позволяет строить пояса жесткости и размещать их на поверхностях/гранях модели, в том числе и замкнутых, а также выполнять обрезку торцов поясов, стандартную или пользовательскую.

						Лист
					СПКБ МИТ 2021 03	22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		ور



Рисунок 19 – Создание и позиционирование пояска для бракеты

Данная последовательность моделирования бортовой секции является рекомендуемой. Для каждого проекта судна применяется разная методика построения трехмерной модели корпуса, так как это зависит от размеров судна, наличия двойного борта, наличие комингсов люка, завала борта и др.

Однако следует отметить, что первые основные этапы такие, как расстановка вспомогательных плоскостей рамных шпангоутов, бортовых стрингеров, уровней палуб и платформ необходимо выдерживать, это позволит минимизировать ошибки при проектировании.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3 Создание секции палубы

Для создания палубы также требуется поверхность. Создадим два крайних сечений и с помощью команды линейчатая поверхность построим поверхность палубы рисунок 1.

Поверхность палубы необходимо разместить так, чтобы бортовая часть пересекалась по всей длине с поверхность борта. Таким образом поверхность палубы будет повторять форму борта в горизонтальной плоскости.



Рисунок 1 – Поверхность палубы

При пересечении поверхности борта поверхностью палубы образуется выступающая часть палубной поверхности, чтобы удалить ее используется команда усечение поверхности рисунок 2.

					СПКБ МИТ 2021 03	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Порядок действий:

- Задайте усекаемую поверхность. Для этого укажите в графической области грань или несколько граней одного тела/поверхности. Названия граней будут отображены в поле **Грани поверхности** на Панели параметров;

- Задайте секущий объект. Для этого щелкните мышью в поле Секущий объект на Панели параметров и укажите объект в графической области или в Дереве построения модели. Название объекта появится в поле Секущий объект;

- Подтвердите команду сечение поверхности.



Формирование конструкции начинается с расстановки вспомогательных плоскостей поперечных и продольных.

Когда все вспомогательные плоскости расставлены по своим местам, начинается расстановка продольного набора. В данном примере произведено построение двух усиленных продольных балок – карлингсов в районе диаметральной плоскости с помощью команды **пластина** рисунок 3.



Рисунок 3 – Моделирование карлингсов

Установленные карлингсы позволят установить балки поперечного набора – бимсы. Бимсы в данной конструкции разрезные и выставляются на четырех рамных шпангоутах.

Форма бимса лекальная и поэтому построение происходит по созданному эскизу в плоскости шпангоута рисунок 4.

Возможно построение другим способом, который предполагает создание пластины и доработку ее инструментами фаска, скруглением и создания эскиза для вырезки отверстий для прохода трубопроводов и облегчения конструкции.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Рисунок 4 – Эскиз бимса

Бимс необходимо создать, как пластина, а не как элемент выдавливания. Чтобы построить пластину произвольной формы, активизируйте поле эскиз и щелкните мышью по эскизу границ, ранее созданному в документе. Пластина автоматически приобретает нужный контур рисунок 5.



Бимс и карлингс имеют пояски, которые установлены не симметрично относительно вертикальной пластины и имеют разную форму на торцах.

С помощью команды поясок создаем поясок по бимсам с указанием типа обрезки торцов.

Настройка обрезки торцов выполняется в секции Обрезка торцов Панели параметров.

Выберите режим построения: настройку для одинаковых торцов или каждого торца в отдельности.

- При установленном переключателе Симметричная обрезка торцов в положение **I** (включено) торцы обрабатываются одинаково (положение по умолчанию). Настройки являются едиными для обоих торцов.

- Чтобы сделать настройки для каждого торца в отдельности, установите переключатель в положение **0** (выключено). В этом случае появляются кнопки **Торец 1** и **Торец 2**. При нажатой кнопке **Торец 1** сделайте настройки для одного торца, а затем нажмите кнопку Т**орец 2** и сделайте настройки для другого.

Выберите геометрию торца в списке Тип обрезки.

- Если выбран вариант Без обрезки, торец остается прямоугольным.

- Если выбраны другие варианты, на торце строится вырез с заданной геометрией рисунок 6.

Для определения положения пояска используется переключатели группы **Положение пояска**:

По центру — середина пояска находится по центру между ребрами опорной грани, т.е. совпадает с изопараметрической кривой (способ по умолчанию);

Слева/Справа — середина пояска находится слева/справа от изопараметрической кривой, на ребре опорной грани.

Смещение задаётся относительно изопараметрической кривой рисунок 7.

					C/
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	





Рисунок 6 – Варианты обрезки торцов



После установки поясков, устанавливаются продольные ребра жесткости с созданием проколов в бимсах.

В модель добавляются уникальные детали такие как кницы, бракеты.

На бимсы устанавливаются вертикальные ребра жесткости для обеспечения жесткости балки и замыкаются на продольные ребра жесткости.

Результат проделанной работы показан на рисунке 8.



Рисунок 8 – Сформированная секция палубы со смежными секциями

						Лист
					СПКБ МИТ 2021 03	11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

4 Создание переборки

Переборка состоит из листов, вертикальных ребер жесткости, вертикальных усиленных стоек, как правило таврового профиля и горизонтальных усиленных балок – шельфов.

Построение переборки производится за счет построения поверхности переборки.

Начинается построение переборки с эскиза, который позиционируем в плоскости настила второго дна. На рисунке 4.1 показан эскиз сечения гофрированной поперечной переборки, выделен зеленым цветом.



Рисунок 4.1 – Эскиз гофрированной переборки

С помощью команды поверхность выдавливания создаем поверхность рисунок 4.2. Параметры поверхности выдавливания задаются аналогично параметрам элемента выдавливания.

						Лист
					СПКБ МИТ 2021 03	12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42



Рисунок 4.2 – Поверхность выдавливания

Поверхность переборки, как и в случае пересечения поверхности палубы с поверхность борта необходимо усечь.

Применяем команду усечение поверхности рисунок 4.3.

Порядок действий:

Изм.

- Задайте усекаемую поверхность. Для этого укажите в графической области грань или несколько граней одного тела/поверхности. Названия граней будут отображены в поле Грани поверхности на Панели параметров;

- Задайте секущий объект. Для этого щелкните мышью в поле Секущий объект на Панели параметров и укажите объект в графической области или в Дереве построения модели. Название объекта появится в поле Секущий объект;

- Подтвердите команду сечение поверхности.

					Лист
				СПКБ МИТ 2021 03	12
Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45



Рисунок 4.3 – Усечение поверхности поперечной переборки.

Аналогично создаем продольную переборку. Результат показан на рисунке 4.4.



						Лист
					СПКБ МИТ 2021 03	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

Сформирована трехмерная модель блок-секции танкера химовоза. Создана пошаговая инструкция, в которой отражены основные этапы моделирования корпусной конструкции судна:

- моделирование поверхности корпуса;

- моделирование днищевой секции;

- моделирование бортовой секции;
- моделирование палубной секции;

- моделирование секции переборки.

Инструкция является рекомендуемой для моделирования судовых корпусных конструкций в системе CAD КОМПАС-3D.

Каждый год компания АСКОН поставляет новые версии Компас-3D с новыми возможностями. На данный момент модель была создана в V20, нужно отметить, что необходимо каждый год актуализировать инструкции по выполнению построения трехмерных моделей конструкций судов.

На Международной научно-практической конференции «Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению» (Комсомольск-на-Амуре, 7-11 февраля 2022 г.) был выполнен доклад на тему «Анализ функциональных возможностей CAD-системы КОМПАС-3D в задачах трассировки судовых систем».

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Лист 45

Список использованных источников

1 Герасимов, Анатолий Компас-3D V10 (+ CD-ROM) / Анатолий Герасимов. - М.: БХВ-Петербург, 2015. - 976 с.

2 Кидрук, Максим Компас-3D V10 на 100% / Максим Кидрук. - М.: Питер, 2016. - 560 с.

3. Компас-3D v11. Эффективный самоучитель / А.М. Доронин и др. - М.: Наука и техника, 2015. - 688 с.

4 Самсонов, В. В. Автоматизация конструкторских работ в среде Компас-3D / В.В. Самсонов, Г.А. Красильникова. - М.: Academia, 2016. - 224 с.

						Лисп
					СПКБ МИТ 2021 03	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное) Исходные данные для моделирования блок-секции судна





