

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ,
МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ
Национальный университет кораблестроения
имени адмирала Макарова

Н. В. ЦЫКАЛО

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для выполнения лабораторных работ
по дисциплине "Компьютерное проектирование
технологических процессов"**

Рекомендовано Методическим советом НУК

Электронное издание комбинированного
использования на DVD-ROM



НИКОЛАЕВ • НУК • 2011

УДК 629.5(076):004.94
ББК 39.42:32.973
Ц 59

Автор Н. В. Цикало, ассистент кафедры технології суднобудування

Рецензент О. С. Рашковський, д-р техн. наук, професор

Кафедра технології суднобудування

Цикало Н. В.

Ц 59 Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з дисципліни
"Комп'ютерне проектування технологічних процесів". – Миколаїв : Видав-
ництво НУК, 2011. – 42 с.

Подано рекомендації щодо виконання й оформлення лабораторних
робіт з дисципліни "Комп'ютерне проектування технологічних процесів",
питання для самоперевірки і перелік рекомендованої літератури.

Призначено для іноземних студентів спеціальності 7.05120101,
8.05120101 "Кораблі та океанотехніка". Також можуть бути використані
студентами заочної та дистанційної форми освіти.

УДК 629.5(076):004.94
ББК 39.42:32.973

Навчальне видання

ЦИКАЛО Наталя Вікторівна

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
щодо виконання лабораторних робіт
з дисципліни "Комп'ютерне проектування
технологічних процесів"**

(російською мовою)

Комп'ютерне верстання *В.Г. Мазанко*
Коректор *М.О. Паненко*

© Цикало Н. В., 2011
© Видавництво НУК, 2011

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 2,4. Обсяг даних 1431 кб.
Тираж 14. Вид. № 35. Зам. № 13(550) від 17.01.12.

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування,
54025, м. Миколаїв, просп. Героїв Сталінграда, 9
E-mail : publishing@nuos.edu.ua

Свідцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного
реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2506 від 25.05.2006 р.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных путей повышения уровня технологического проектирования, сокращения сроков выполнения этих работ является использование автоматизированных систем технологической подготовки производства. Использование программных продуктов позволяет ускорить проектирование технологических процессов, уменьшить вероятность появления ошибки, использовать современные технологические разработки, повышая тем самым качество полученных технологических решений. Но современный уровень возможностей автоматизированных систем проектирования, предназначенных для судостроительной отрасли промышленности, не исключает участия технолога, который окончательно принимает решение по использованию технологических процессов.

В условиях возрастающей сложности судов, необходимости сокращения сроков их строительства, расширения применения математических методов и ЭВМ в инженерной деятельности, создания оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ) все большей становится необходимость использования новых информационных технологий и автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП).

В методических указаниях приведены рекомендации по выполнению лабораторных работ, контрольные вопросы для проверки знаний материала по каждой работе, позволяющие не только практически закрепить полученные теоретические знания студентами, но и выполнить самопроверку.

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторные работы по дисциплине "Компьютерное проектирование технологических процессов" представляют собой взаимосвязанный цикл из четырнадцати работ, разделенных на два блока по семь работ, которые выполняются на протяжении IX и X семестров.

Исходным материалом для выполнения лабораторных работ являются рабочие чертежи, по которым каждый студент получает индивидуальное задание.

Отчет по каждой работе нужно выполнять на листах формата А4 согласно требованиям ЕСКД. Первый лист цикла лабораторных работ должен иметь основную надпись, приведенную на рис. 1,*а*, следующие – на рис. 1,*б*.

					ЛР. 8.05120101.5114. 05.07.01–07			
Изм	Лист	№	Подп	Дата	Изготовление деталей корпуса судна	Лит.	Лист	Листов
Студент	Шевчук							
Преподав.	Цыкало							
						НУК		

а

					ЛР. 8.05120101.5114. 05.07.01		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

б

Рис. 1. Пример заполнения основной надписи:

а – для титульных листов текстовых документов; *б* – для других листов текстовых документов; ЛР – лабораторная работа; 8.05120101 – шифр специальности; 5114 – номер академической группы, в которой учится студент; 05 – порядковый номер студента по списку группы; 07 – общее количество работ за семестр; 01 – 07 – номера лабораторных работ

Текст в работе должен быть четким и коротким. Сокращение слов в тексте не допускается. Если в тексте встречаются аббревиатуры, они должны быть расшифрованы. Все иллюстрации и таблицы необходимо

нумеровать и именовать. Текст выполнять на компьютере в формате MS Word шрифтом Times New Roman размером 14 через 1,5 интервала.

В конце цикла работ необходимо привести список использованной литературы в алфавитном порядке.

2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ. БЛОК № 1

Лабораторная работа № 1. Разработка информационной модели детали.

Цель работы:

1. Изучить структуру информационной модели детали.
2. Закрепить навыки работы с технической документацией по корпусу судна.
3. Научиться готовить графическую информацию на детали для АСТПП.

Информационная модель детали (ИМД), представляющая собой совокупность всех данных по детали, хранится в базе данных автоматизированной системы. Данные из библиотеки деталей в дальнейшем используются для разработки технологического процесса изготовления и получения технологической документации для корпусообрабатывающего и сборочно-сварочного производств.

Последовательность выполнения работы:

1.1. Найти на чертеже детали, полученные согласно номеру варианта по списку академической группы. С помощью чертежа и спецификации к нему определить всю необходимую информацию по каждой детали. К такой информации относится форма детали, ее размеры, название, марка материала, из которого изготовлена деталь, тип проката (листовой или профильный), технологические особенности изготовления деталей, номер запуска и др. Эту информацию студент получает из чертежей и спецификаций к ним или консультируясь с преподавателем.

1.2. Определить реквизиты деталей. Перечень нужных реквизитных данных приведен в табл. 1 соответствующего раздела ИМД.

1.3. Определить опорные точки всех контуров детали и геометрические параметры участков между этими точками. Любая деталь корпуса судна может иметь как внешний (основной), так и внутренние контуры (чаще всего представленные вырезами любой конфигурации). Опорные точки обязательно выбираются с учетом геометрии детали и на-

значенной системы координат детали для дальнейшего задавания их расположения в пространстве.

1.4. Составить информационную модель детали.

Информационную модель необходимо представить тремя разделами в виде следующих таблиц:

Раздел 1. Реквизиты.

Таблица 1. Реквизитные данные

Наименование реквизита	Значение реквизита
номер чертежа	
номер детали по чертежу	
наименование детали	
номер проекта	
номер запуска	
толщина	
марка материала	
кратность детали (парная, непарная)	
площадь без учета вырезов	
площадь с учетом вырезов	
габаритные размеры детали	
фамилия разработчика	
дата последней корректировки детали	

Раздел 2. Геометрия.

а) Опорные точки и участки между опорными точками основного контура (табл. 2);

Таблица 2. Описание основного контура

№ участка	Тип участка	№ опорных точек	Координаты опорных точек		Геометрические параметры промежуточных точек	
	Дуга		X	Y	Координаты центра дуги	
					X	Y
	Сплайн		X	Y	Параметры промежуточных точек	
					расстояние по хорде	расстояние от хорды

б) опорные точки вырезов и участки между ними представить аналогично табл. 2;

в) привязка вырезов. Выполняется согласно табл. 3.

Таблица 3. Описание вырезов

Номер выреза	Тип выреза	Привязка выреза
	Контурный вырез	Номер опорной точки контура детали
	Внутренний вырез	Координаты привязки выреза в системе координат детали

Раздел 3. Технология.

Составить технологические требования к детали в виде технологического маршрута ее изготовления.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой информационная модель детали?
2. Назовите разделы ИМД и информацию, которая содержится в каждом из них.
3. Каким образом задается основной контур детали в ИМД?
4. Где можно получить информацию по детали для создания ИМД?
5. Для чего создается ИМД и где хранится?

Лабораторная работа № 2. Алгоритмизация проектирования технологического процесса изготовления деталей корпуса судна.

Цель работы:

1. Изучить принципы технологического проектирования.
2. Получить навыки формализации процесса проектирования.
3. Разработать алгоритм проектирования технологического процесса изготовления корпусных деталей в судостроении.

Для заданной группы деталей с учетом существующей в судостроении классификации в данной работе необходимо разработать алгоритм определения технологического процесса изготовления любой детали корпуса судна из заданной группы, придерживаясь всех требований, предъявляемых к составлению блок-схем алгоритма.

Последовательность выполнения работы:

- 2.1. Определить перечень технологических операций, необходимых для изготовления деталей с характеристиками, ограниченными заданием. Методологической основой технологического проектирования является унификация и типизация технологических процессов.

Под унификацией объектов производства понимается разработка ряда ограничений на применяемые конструктивные решения, материалы, размеры, точность обработки поверхностей и т.п. Аналогично, унификация технологических процессов допускает выбор и ограничение разнообразия технологических процессов, используемых для изготовления объектов производства.

Типизацией объектов производства называют группирование изделий по любым конструктивным признакам, которые имеют в данных производственных условиях общий технологический процесс, также называемый типовым. В основе типизации лежит система классификации производственных объектов, которая разрабатывается для каждого вида производства.

2.2. Определить состав технологического оборудования, необходимого для изготовления деталей данной группы, с формальным заданием параметров. В судостроении в корпусообрабатывающем производстве сложилась система классификации деталей корпусных конструкций, на основе которой разработаны типовые технологические процессы. Тем не менее, в процессе технологического проектирования необходимо внести корректировку в зависимости от существующего технологического оборудования в условиях конкретного производства [1, 2].

2.3. Определить исходные данные, необходимые для разработки технологического процесса. Во время рассмотрения корпусной детали заданного класса и группы следует выбрать необходимые технологические операции изготовления с проверкой возможности их выполнение согласно заданной модели производства. Например, крупногабаритная деталь с прямолинейными кромками габаритными размерами 10×570×7520 мм согласно типовому технологическому процессу должна быть вырезана на гильотинных ножницах. Однако при длине 7520 мм выполнить резку на указанном оборудовании невозможно, поэтому такую деталь необходимо вырезать или на переносных машинах, или на машине тепловой резки с ЧПУ.

2.4. Составить алгоритм определения технологического процесса в виде блок-схемы. Алгоритмизация процесса технологического проектирования для деталей корпуса судна состоит в определении перечня и последовательности выполнения технологических операций, а также подборе технологической оснастки на основе логических выводов в результате анализа всей совокупности информации из моделей деталей

и производства. Логические выводы основаны на известных технологических решениях, которыми являются типовые технологические процессы изготовления деталей.

Контрольные вопросы

1. Что такое типизация объектов производства?
2. Что представляет собой унификация объектов производства?
3. В чем заключается сущность алгоритмизации процесса технологического проектирования для деталей корпуса судна?
4. Какие исходные данные необходимы для создания алгоритма проектирования техпроцесса изготовления корпусной детали?

Лабораторная работа № 3. Инструментальные средства моделирования деталей корпуса судна.

Цель работы:

1. Ознакомиться с методами автоматизированного моделирования корпусных деталей.

2. Ознакомиться с инструментальными средствами описания деталей.

Аналитическая детализировка состоит в определении формы и размеров деталей корпуса судна и записи данных в базу данных. В судостроении применяют четыре метода аналитической детализировки:

развертка листов наружной обшивки;

автоматическое определение размеров и формы деталей с использованием модели конструкции;

геометрические построения в интерактивном режиме по чертежам и эскизам;

детализировка с использованием библиотеки типовых деталей.

Перечисленные методы используются в зависимости от информационного наполнения процессов технологической подготовки производства, а также в зависимости от положения детали в составе конструкции корпуса судна. Основная задача данной работы заключается в ознакомлении студентов с размещением инструментальных средств описания деталей корпуса судна различных форм, размеров, назначения и т.п.

Последовательность выполнения работы:

- 3.1. Детали наружной обшивки рассчитываются с помощью специальных программных средств, выполняющих развертку заданного участка поверхности на плоскость. Для деталей цилиндрической и конической формы расчеты сводятся к определению длины опорных линий и их

взаимного расположения на плоскости. Для деталей парусообразной или седлообразной форм используются специальные алгоритмы, которые дают приближенную развертку с учетом деформаций текучести. В системе САПС развертку листов, имеющих кривизну, выполняют в разделе "3 D геометрия". Для этого трехмерная модель листовой детали, сохраненная в базе данных, выводится на экран с помощью закладки "База", "Читать", "Составная поверхность" (выбирается после консультации с преподавателем). Потом разбивается на трасы с помощью пункта меню "Создание", "Трасса" (для произвольно выбранной детали способ задания "По границе"). Далее выполняется развертка листа на плоскость согласно закладке "Расчет", "Развертка", обозначая последовательно кромки детали и места установки шаблонов для проверки правильности гибки. В открывшемся окне задаются реквизиты детали, марка материала, из которого она будет изготавливаться, и тип шаблонов.

При переходе в режим "2 D геометрия" система отображает развертку листа на плоскость, а также форму и размеры шаблонов.

3.2. Автоматическая детализовка на основе модели конструкции используется при полном насыщении модели технологической информацией. Эту возможность предоставляют лишь некоторые автоматизированные системы (AVEVA MARINE, FORAN, CATIA).

3.3. Библиотека типовых деталей представляет собой множество процедур параметрического описания деталей, которые наиболее часто используются в составе конструкций корпуса судна. К таким деталям относятся кницы, бракеты, полосы, а также другие детали, по форме соответствующей типовой. Для формирования модели детали достаточно выбрать соответствующую форму из библиотеки деталей, которая находится в закладке "2 D геометрия", "Деталь", "Типовая" и задать значения параметров. Необходимо ознакомиться с параметрами типовых деталей из базы данных.

3.4. Метод графических построений используют в том случае, если деталь невозможно описать с помощью типовой формы. Для этого в автоматизированной системе предусмотрены графические элементы, к которым относятся точки, прямые, отрезки, окружности, дуги, сплайны. Формирование основных контуров и вырезов деталей происходит разбивкой детали на графические элементы и созданием их в автоматизированной системе. Такие построения выполняются в закладке "2 D геометрия", "Создание".

Контрольные вопросы

1. Какие вы знаете методы моделирования деталей в автоматизированных системах?
2. Назовите основные особенности каждого из известных методов.
3. Какие инструментальные средства используют для создания моделей деталей?

Лабораторная работа № 4. Моделирование корпусных деталей методом графических построений.

Цель работы:

1. Практически усвоить инструментальные средства описания деталей.
2. Получить представление об информационной базе технологического проектирования.

Одним из методов моделирования деталей в автоматизированных системах является метод геометрических построений. Если деталь невозможно описать с помощью типовой формы, тогда необходимо выполнить геометрические построения для формирования контура детали из графических элементов, к которым относятся точки, прямые линии, отрезки, окружности, дуги, сплайны. Технолог строит определенный каркас из графических элементов, который потом объединяет в единый контур.

Последовательность выполнения работы:

4.1. Определить из каких графических элементов состоит деталь используя информационную модель детали, разработанную в лабораторной работе № 1.

4.2. Задать координаты опорных точек детали в разделе "2 D геометрия" с помощью пункта меню "Создание", "Точка", "Координаты".

4.3. С помощью закладки "Автомасштаб" на верхней панели инструментов вывести на весь экран изображения полученных точек.

4.4. Соединить опорные точки необходимыми геометрическими элементами согласно форме детали. Если участок между опорными точками представлен отрезком, то в меню выбираем закладку "Создание", "Отрезок через две точки", если представлена дугой окружности, выбираем "Создание", "Дуга", если сплайном – "Создание", "Сплайн".

4.5. Построить, при необходимости, контурные и угловые вырезы с помощью графических элементов аналогичным способом.

4.6. Построенный каркас нужно соединить в единый контур. Для этого можно активизировать закладку "Создание", "Контур" и выбрать

метод объединения в контур (с помощью точек и линий или пересечением линий).

4.7. Аналогично опорному контуру построить внутренние вырезы, если они есть, и соединить в единый контур отдельно каждый из вырезов.

4.8. Задать размерные линии и уточнить размеры детали. Для этого в закладке "Оформление", "Размер" выбрать тип размера (горизонтальный, вертикальный, угловой и т.д.), потом выбрать кромки, между которыми необходимо указать размер, задать местоположение размерной линии.

4.9. Записать деталь в базу данных: выбрать пункт меню "База", "Сохранить сеанс", ввести номер детали.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях используется метод графических построений деталей?

2. Назовите основные особенности метода графических построений.

3. Какие графические элементы используют для создания геометрии детали в автоматизированных системах?

4. Каким образом в автоматизированной системе задают вырезы деталей?

Лабораторная работа № 5. Применение типовых решений при моделировании деталей корпуса судна.

Цель работы:

1. Практически усвоить инструментальные средства описания типовых деталей.

2. Ознакомиться с методами автоматизированной разработки эскизов деталей.

В данное время одним из основных методов моделирования деталей в автоматизированных системах является метод с использованием библиотеки типовых деталей.

Библиотека типовых деталей представляет собой совокупность процедур параметрического описания деталей, которые чаще всего используются в составе конструкций корпуса судна (кницы, бракетты, полосы, а также другие детали, по форме близкой к типовой). Технологию необходимо будет добавить имеющиеся вырезы на детали.

Последовательность выполнения работы:

5.1. Определить какие детали задания по предварительной оценке студента являются близкими по геометрии и назначению к типовым деталям.

5.2. Активизировать в разделе "2 D геометрия" пункт меню "Деталь", "Типовая" и выбрать соответствующий тип, который более всего подходит для рассматриваемой детали.

5.3. Выбрать наиболее подходящую форму типовой детали из приведенного на экране перечня изображений.

5.4. Ввести характерные размеры детали и выполнить команду "Рассчитать". Причем значение всех геометрических параметров детали вводятся в миллиметрах. Геометрия детали будет рассчитана автоматически согласно предусмотренной процедуре.

5.5. Задать реквизиты детали в открывшемся диалоговом окне.

5.6. При необходимости построить контурные и угловые вырезы и привязать их к основному контуру. Для этого в разделе "Деталь" выводится на экран изображение контура созданной типовой детали, с помощью пункта меню "Привязка выреза" необходимо выбрать типовую форму выреза, задать его параметры и привязать к основному контуру детали.

5.7. Разместить и привязать к контуру внутренние вырезы, если они есть, аналогичным способом.

5.8. Задать размерные линии и уточнить размеры детали.

5.9. Записать деталь в базу данных: выбрать пункт меню "База", "Сохранить".

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой библиотека типовых деталей?
2. Назовите типы вырезов, характерных для корпусных деталей.
3. Каким образом формируется модель детали с вырезами?
4. Как проставляются размеры деталей?

Лабораторная работа № 6. Маркировка и нанесение припусков на детали.

Цель работы:

1. Ознакомиться с автоматизированными средствами нанесения маркировки на детали.

2. Научиться назначать припуски на детали в интерактивном режиме.

Маркировка представляет собой нанесение на деталь информации, позволяющей не потерять ее в большом количестве корпусных деталей, выполнить технологические особенности и требования при ее изготовлении и сборке в конструкции.

К основной маркировке относят:

- номер заказа;
- номер секции;
- номер чертежа;
- номер и название детали;
- толщину детали.

Дополнительная маркировка представляет собой нанесение ориентирующих надписей ("нос", "корма", "ДП", "верх", "низ" и т.д.), при необходимости технологических указаний о снятии фасок и ласок, а также условных маршрутов обработки детали.

Вспомогательная маркировка предусматривает дополнительные технологические указания, необходимые для изготовления данной детали в конкретных производственных условиях судостроительного предприятия.

В связи с тем, что во время изготовления деталей, сборки и сварки конструкций появляются неточности, поэтому в судостроении используют припуски. В процессе разработки моделей деталей нужно определить необходимость назначения припусков для данной детали, их расположение и размеры. Припуск представляет собой излишек металла, который назначают свыше номинальных размеров детали и удаляют с заготовки для получения детали в законченном обработанном виде или в процессе изготовления конструкции (узла, секции, блока или корпуса судна в целом).

Маркировочные надписи, расположение и размеры припусков определяются студентом по чертежам и после консультации с преподавателем.

Последовательность выполнения работы:

6.1. Нанести на деталь элементы основной маркировки с помощью пункта меню "Оформление", "Маркировка".

6.2. Нанести на эскиз дополнительную маркировку аналогично п. 6.1. Студент должен нанести только ориентирующие надписи на детали.

6.3. Нанести при необходимости вспомогательную маркировку.

6.4. Нанесение припусков на детали.

6.4.1. Припуск на механическую обработку кромок листовых деталей назначается на те кромки детали, которые необходимо фрезеровать или выполнить строжку. Размер этого припуска равен половине толщины металла, из которого изготовлена деталь, но не меньше 3 и не больше 10 мм.

6.4.2. Припуск на холодную гибку листовых деталей назначается на деталь сложной кривизны, которая гнется в двух направлениях, по всему

ее контуру. Величина припуска составляет 25...50 мм в зависимости от сложности формы самой детали. Для деталей простой кривизны припуск на гибку назначается по двум параллельным кромкам (рис. 2).

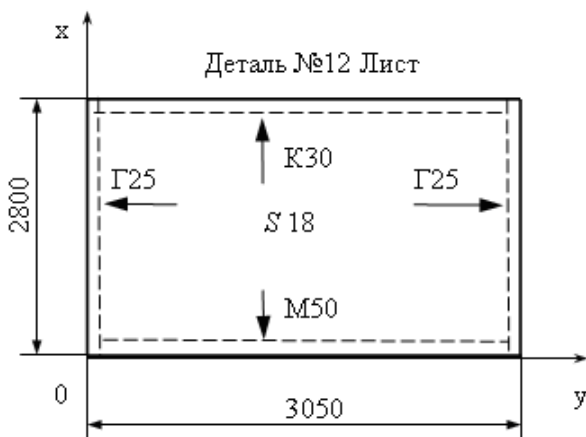


Рис. 2. Нанесение припусков на деталь

6.4.3. Припуски, которые назначаются с учетом условий сборки и сварки, в судостроении делят на монтажные и контуровочные. Монтажный припуск назначается на кромки деталей, образующие монтажный паз или стык секции, в состав которой они входят. Монтажными пазами и стыками являются те, которые обращены к закладной или ранее установленной секции. Контуровочные припуски назначаются на кромки деталей, образующие другие монтажные стыки и пазы секции или образующие контуры полотнищ продольных и поперечных переборок, настилов второго дна и др. Для закладной секции на детали по всем кромкам назначаются только контуровочные припуски.

Размеры контуровочных и монтажных припусков зависят от характера соединяемых поверхностей. В случае, когда на чертеже не обозначены размеры припусков, тогда студент задает их самостоятельно согласно ниже указанным требованиям. Если соединяются плоские, конические или цилиндрические поверхности, то припуск имеет размер 20 мм. Для деталей произвольной погиби, образующих соединительные кромки, припуск назначается до 50 мм.

В работе припуски на холодную гибку принимать размером 40 мм, контуровочные припуски – 30 мм, монтажные – 50 мм. Необходимо учитывать, если деталь на одну кромку имеет несколько припусков разного назначения (например, монтажный и припуск на холодную гибку), то необходимо назначать наибольший по величине.

Контрольные вопросы

1. Какие бывают виды маркировки деталей?
2. Для чего необходима маркировка?
3. Что представляет собой припуск на деталь?
4. Назовите виды припусков.
5. Какие инструментальные средства позволяют проставить маркировку и назначить припуски на детали в автоматизированной системе?

Лабораторная работа № 7. Построение каркаса для деталей сложной кривизны.

Цель работы:

1. Ознакомиться с принципами моделирования гнутых деталей.
2. Получить навыки построения каркаса для проверки погиби деталей, имеющих кривизну.
3. Научиться анализировать результаты модели каркаса.

Каркас представляет собой набор поперечных шаблонов, которые воссоздают поверхность гнутого листа и используется для проверки точности изготовления листовых деталей сложной кривизны.

Суть лабораторной работы состоит в создании каркаса для гнутых листов сложной кривизны, построенных студентом самостоятельно.

Последовательность выполнения работы:

7.1. Создать составную поверхность, для которой необходимо построить каркас. Для этого по заданным параметрам из табл. 4 согласно номеру варианта студента по списку академической группы выбираются координаты точек контура поверхности.

7.2. В разделе "3 D геометрия" необходимо построить точки согласно заданным координатам.

7.3. С помощью пункта меню "Создание", "Сплайн по точкам" и "Прямая через две точки" выполнить построение контура детали.

7.4. Создать из полученного набора геометрических элементов единую поверхность. Для этого выбрать пункт меню "Создание", "Поверхность", "Каркасная"; указать, что криволинейные кромки являются кар-

касными линиями, обозначить формообразующие прямые кромки и выбрать граничные условия для поверхности.

Таблица 4. Исходные данные для построения листовой детали

Номер варианта	Координаты точек, образующих контур листовой детали								
1	X	0	0	0	0	9,4	9,4	9,4	9,4
	Y	0	3,573	4,212	4,3	2,825	5,702	6,519	6,717
	Z	0	1,12	2,24	3,36	0	1,12	2,24	3,36
2	X	0	0	0	0	8,983	8,983	8,983	8,983
	Y	0	0,961	1,195	1,316	1,08	4,053	4,876	5,453
	Z	0	1,26	2,52	3,78	0	1,26	2,52	3,78
3	X	0	0	0	0	6,265	6,265	6,265	6,265
	Y	0	0	0	0	0,103	0,457	0,915	1,193
	Z	0	0,65	1,3	1,95	0	0,65	1,3	1,95
4	X	0	0	0	0	6,265	6,265	6,265	6,265
	Y	1,664	3,22	3,98	4,411	2,47	4,224	5,139	5,61
	Z	0	0,65	1,3	1,95	0	0,65	1,3	1,95
5	X	0	0	0	0	6,265	6,265	6,265	6,265
	Y	4,596	7,336	8,183	8,57	4,142	6,744	7,751	8,158
	Z	0	0,65	1,3	1,95	0	0,65	1,3	1,95
6	X	0	0	0	0	6,265	6,265	6,265	6,265
	Y	1,691	3,46	4,442	5,138	0,912	2,448	3,141	3,659
	Z	0	0,65	1,3	1,95	0	0,65	1,3	1,95
7	X	0	0	0	0	9,3	9,3	9,3	9,3
	Y	0	0	0,426	0,993	0	2,38	2,78	3,289
	Z	0	0,95	1,9	2,85	0	0,95	1,9	2,85
8	X	0	0	0	0	9,3	9,3	9,3	9,3
	Y	1,08	4,053	4,876	5,453	5,241	7,899	9,144	13,377
	Z	0	0,95	1,9	2,85	0	0,95	1,9	2,85
9	X	0	0	0	0	8,6	8,6	8,6	8,6
	Y	8,87	9,386	9,449	9,45	8,458	9,274	9,41	9,437
	Z	0	1,3	2,6	3,9	0	1,3	2,6	3,9
10	X	0	0	0	0	8,6	8,6	8,6	8,6
	Y	0,103	0,457	0,915	1,193	0,897	2,001	2,561	2,884
	Z	0	1,3	2,6	3,9	0	1,3	2,6	3,9
11	X	0	0	0	0	9,4	9,4	9,4	9,4
	Y	5,667	8,535	9,539	9,867	8,024	11,1	9,539	9,867
	Z	0	1,12	2,24	3,36	0	1,12	2,24	3,36

Продолж. табл. 4

Номер варианта	Координаты точек, образующих контур листовой детали								
12	X	0	0	0	0	8,983	8,983	8,983	8,983
	Y	5,241	7,899	9,144	13,377	8,797	11,418	12,593	15,259
	Z	0	1,26	2,52	3,78	0	1,26	2,52	3,78
13	X	0	0	0	0	6,265	6,265	6,265	6,265
	Y	0,872	2,001	2,561	2,884	1,664	3,22	3,98	4,411
	Z	0	0,65	1,3	1,95	0	0,65	1,3	1,95
14	X	0	0	0	0	6,265	6,265	6,265	6,265
	Y	3,221	5,445	6,278	6,783	3,858	6,408	7,192	7,676
	Z	0	0,65	1,3	1,95	0	0,65	1,3	1,95
15	X	0	0	0	0	6,265	6,265	6,265	6,265
	Y	3,353	5,813	6,781	7,266	2,344	4,62	5,635	6,252
	Z	0	0,65	1,3	1,95	0	0,65	1,3	1,95
16	X	0	0	0	0	6,265	6,265	6,265	6,265
	Y	0,456	1,341	1,831	2,131	0	0,401	0,576	0,63
	Z	0	0,65	1,3	1,95	0	0,65	1,3	1,95
17	X	0	0	0	0	9,3	9,3	9,3	9,3
	Y	0	4,18	4,637	5,046	0	5,972	6,286	6,601
	Z	0	0,95	1,9	2,85	0	0,95	1,9	2,85
18	X	0	0	0	0	9,3	9,3	9,3	9,3
	Y	8,797	11,418	12,593	13,377	11,283	13,793	14,672	15,259
	Z	0	0,95	1,9	2,85	0	0,95	1,9	2,85
19	X	0	0	0	0	8,6	8,6	8,6	8,6
	Y	7,266	8,555	8,872	9,1	6,912	7,73	8,276	8,713
	Z	0	1,3	2,6	3,9	0	1,3	2,6	3,9
20	X	0	0	0	0	8,6	8,6	8,6	8,6
	Y	1,664	3,22	3,98	4,411	3,221	5,445	6,278	6,783
	Z	0	1,3	2,6	3,9	0	1,3	2,6	3,9

7.5. Сохранить полученную поверхность в базе данных: выбрать пункт меню "База", "Сохранить поверхность" и задать название поверхности.

7.6. Полученную поверхность с использованием пункта меню "Создание", "Составная поверхность" преобразовать в составную поверхность. Сохранить ее в базе данных.

7.7. Выполнить трассировку стыков и пазов по границам открывшейся поверхности с помощью пункта меню "Создание", "Трасса по границе".

7.8. Выбрать пункт меню "Расчет", "Гибочный каркас" и указать последовательно кромки листа.

7.9. Указать места установки шаблонов (в работе устанавливать шаблоны по крайним криволинейным кромкам листа).

7.10. В открывшемся окне указать номер детали, номер чертежа, расстояние шаблонов от пазов, высоту шаблонов и толщину детали.

7.11. Проверить правильность полученного каркаса, предложенного автоматизированной системой после выполнения всех необходимых расчетов согласно указанному алгоритму. Доступ к изображению шаблонов и каркаса можно осуществить в разделе "2 D геометрия", "База", "Читать конструкцию", "Оснастка".

Контрольные вопросы

1. Что называется каркасом?
2. Назначение каркасов в судостроении.
3. Что представляют собой шаблоны и для чего они необходимы?
4. Назовите типы гнутых деталей в судостроении.

3. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ. БЛОК № 2

Лабораторная работа № 1. Разработка карт раскроя листового проката.

Цель работы:

1. Изучить технологические требования к картам раскроя для тепловой резки в судостроении.
2. Изучить методы размещения деталей на листе металла для обеспечения высокого коэффициента раскроя.
3. Усвоить автоматизированные средства формирования и корректировки карт раскроя в составе АСТПП.

Учитывая все существующие в судостроении требования к картам раскроя, задачу раскроя листовых материалов относят к разряду трудноформализованных задач. В связи с этим, автоматический раскрой рассматривается лишь как предварительное размещение деталей, а окончательный вариант раскроя достигается после оценки и корректировки размещения деталей технологом.

Суть лабораторной работы заключается в практическом формировании карт раскроя листового проката с использованием предварительно разработанных студентом моделей деталей из базы данных АСТПП.

Последовательность выполнения работы:

1.1. Сформировать запуск для обработки деталей, модели которых были созданы в предыдущих лабораторных работах. Для этого в разделе "Раскрой" выбирается закладка "База", "Запуск" и вводится номер запуска.

1.2. Подготовить группы совместного раскроя (ГСР), т.е. группы деталей одинаковой толщины, марки материала и одного запуска. Для этого необходимо активизировать пункт меню "Расчет", "ГСР" и добавить новые группы деталей, задавая при этом все необходимые параметры.

1.3. Ввести параметры ГСР. Причем расстояние между деталями и кромкой листового проката принимать 10...25 мм, ширину реза равную половине толщины металла, расстояние между деталями по собственному выбору, учитывая технологические требования к картам раскроя.

1.4. Подготовить данные по листовому прокату. Выбрать пункт меню "Листовой прокат" и ввести параметры проката (ширину, длину и количество), из которого будут изготовлены детали ГСР. Листовой прокат, пользующийся наибольшим спросом, имеет размеры 2,5×12 и 2,6×12 м.

1.5. Выполнить расчет карт раскроя, активизировав пункт меню "Расчет", "Карта раскроя", "Расчет планов раскроя".

1.4. Оценить качество карты раскроя с точки зрения коэффициента использования металла и обеспечения технологичности.

1.5. Сформулировать рекомендации для повышения качества карты раскроя.

1.6. Откорректировать карты раскроя в автоматическом режиме и сохранить в базе данных.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой карта раскроя?
2. Из каких разделов состоит информационная модель карты раскроя?
3. Каким образом формируются группы совместного раскроя?
4. Что представляет собой коэффициент использования металла?
5. Какие приемы используют для повышения коэффициента использования металла?

Лабораторная работа № 2. Разработка маршрута резки листовых деталей корпуса судна.

Цель работы:

1. Изучить технологические требования к маршруту резки деталей карт раскроя в судостроении.
2. Изучить методы назначения маршрута резки с обеспечением технологических требований.
3. Усвоить автоматизированные средства назначения маршрута резки в составе АСТПП.

Суть лабораторной работы заключается в практическом формировании маршрута резки деталей карт раскроя листового проката, разработанных в предыдущей лабораторной работе.

Последовательность выполнения работы:

2.1. Для выполнения работы сначала необходимо выбрать из базы данных созданную ранее карту раскроя и открыть ее.

2.2. Задать параметры маршрута резки деталей, активизировав пункт меню "Параметры", "Раскрой", "Маршрут резки". В появившемся на экране окне указать направление резки, размеры перемычек и мостиков, способ выхода резака из контура (по прямой, по дуге или на контуре), начальное и конечное положения резака.

2.3. Перевести карту раскроя в режим отображения маршрута резки. Для этого необходимо активизировать пункт меню "Окна", "Маршрут резки". После этого все контуры деталей карты раскроя отобразятся белым цветом.

2.4. Далее необходимо мышью указывать последовательность обработки контуров. Для этого достаточно подвести курсор к контуру и нажать на левую кнопку мыши, при этом контур включается в маршрут с предварительным расчетом параметров обработки. Во время назначения последовательности необходимо руководствоваться технологическими требованиями к маршруту резки, к которым относятся минимизация тепловых деформаций в процессе резки, минимизация длины холостых переходов и минимизация количества пробивок металла.

2.5. После окончания назначения последовательности выполняют расчет траектории резки выбором соответствующей команды. Для этого необходимо активизировать пункт меню "Изменение", "Расчет траектории". На экране разными цветами отобразятся холостые переходы резака, способ входа и выхода резака относительно контура детали, непосредственно линия реза.

2.6. По окончании расчета необходимо проанализировать полученный маршрут, учитывая технологические требования к маршрутам резки, и внести необходимые корректировки.

2.7. После этого маршрут записывается и экспортируется в базу данных.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой маршрут резки деталей карты раскроя?
2. Какие технологические требования в судостроении предъявляются к маршрутам резки?
3. Назовите способы входа и выхода резака из контура.
4. Каким образом обеспечивается минимизация основных технологических требований, предъявляемым к маршрутам резки?
5. Какие инструменты корректировки маршрута резки деталей предусмотрены в автоматизированной системе?

Лабораторная работа № 3. Разработка управляющих программ резки для оборудования с программным управлением.

Цель работы:

1. Изучить технологические требования к управляющим программам резки в судостроении.
2. Усвоить автоматизированные средства разработки управляющих программ.

Суть лабораторной работы заключается в практическом формировании управляющих программ резки для оборудования с программным управлением с использованием карт раскроя листового проката и маршрутов резки, рассчитанных в предыдущих лабораторных работах.

Последовательность выполнения работы:

3.1. В разделе "База данных" задать параметры и шифры команд управляющей программы.

3.2. Активизировать закладку "Карта", "Перечень групп карт раскроя", выбрать разработанную предварительно карту раскроя и закладку "Состав".

3.3. Управляющая программа выводится в текстовый файл в одном из выбранных форматов (ISO, ESSI или какой-нибудь уникальный). Для этого необходимо перейти к закладке "Сервис", "Управляющая программа", "Настройка", "Параметры", где указываются коды операций и наличие дополнительных технологических условий. На экране появится окно с перечнем команд.

3.4. В открывшемся окне выбрать закладку "Управляющая программа", ввести название программы и сохранить ее в базе данных (место сохранения файла визуально предоставляется пользователю).

3.5. Проверить правильность разработки программы с помощью имитатора, который активизируется в пункте меню "Сервис", "Управляющая программа". На экране выводится окно с перечнем управляющих программ, сохраненных в базе данных автоматизированной системы. Выбрав нужную программу появляется окно с командами, постепенная активизация которых показывает весь процесс резки деталей карты раскроя.

3.6. Проанализировать качество выполнения процесса резки с учетом всех технологических требований.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой управляющая программа резки для машины с ЧПУ?

2. Какие технологические требования в судостроении предъявляются к программам резки?

Лабораторная работа № 4. Разработка технологической документации.

Цель работы:

1. Изучить технологические требования к составлению технической документации в судостроении.

2. Ознакомиться с методами автоматизации при формировании документов.

3. Практически усвоить автоматизированные средства, необходимые для составления технической документации.

Суть лабораторной работы заключается в практическом формировании спецификации к чертежу, выбранному в базе данных, маршрутно-технологической карты (МТК) для одной из деталей и ведомости карт раскроя, которые были разработаны студентом в предыдущих работах.

Последовательность выполнения работы:

4.1. Для выполнения работы необходимо сначала активизировать закладку "Спецификация", выбрать тип заполнения этого технического документа (стандартная форма или альбомная).

4.2. Далее необходимо указать номер чертежа, к которому составляется спецификация. После появления на экране перечня деталей, вхо-

дящих в состав секции, необходимо выбрать детали, которые будут включены в состав спецификации и формат файла, в котором будет сформирован документ (Word, Excel).

4.3. После формирования спецификации и записи ее в базу данных необходимо проанализировать полученный документ и внести коррективы, если это необходимо.

4.4. Для создания МТК необходимо в разделе "Деталь" выбрать и открыть модель детали, для которой нужно разработать МТК.

4.5. Выбрать пункт меню "Документ" и на экране появится шаблон МТК с информацией по детали, где необходимо занести недостающую информацию.

4.6. Для создания ведомостей карт раскроя нужно перейти к закладке "База данных", активизировать пункт меню "Деталь", "Перечень чертежей", "Ведомость".

4.7. Проанализировать информацию документа, который появился на экране, сохранить его в базе данных автоматизированной системы.

Контрольные вопросы

1. Какую документацию можно сформировать в автоматизированной системе?
2. Назовите преимущества электронной документации.
3. Для чего нужна спецификация?
4. Назовите назначение МТК и ведомости карт раскроя.

Лабораторная работа № 5. Проектирование средств технологической оснастки.

Цель работы:

1. Ознакомиться с принципами проектирования средств технологической оснастки.
2. Получить навыки проектирования средств технологической оснастки.

Средства технологической оснастки представляют собой приспособления, предназначенные для механизации работ по изготовлению судовых конструкций. Их использование позволяет облегчить выполнение сборочно-сварочных работ, уменьшая их трудоемкость.

Задачей данной работы является проектирование сборочной постели для изготовления полотнища или секции, обводы которых имеют кривизну.

Последовательность выполнения работы:

5.1. Открыть в разделе "3 D геометрия" поверхность, построенную в лабораторной работе № 7 блока 1, для изготовления которой необходимо спроектировать постель. Для этого в закладке "База", "Читать" выбирается необходимая конструкция из базы данных и выводится на экран.

5.2. По кромкам поверхности выполнить трассировку стыков и пазов. Для этого нужно выбрать пункт меню "Создание", "Трасса по границе", указать стыки и пазы поверхности или секции.

5.3. Выбрать тип постели (коксовую или лекальную) в пункте меню "Расчет", "Постель".

5.4. Указать граничные линии секции или поверхности.

5.5. Указать конструктивные линии, которые входят в состав секции.

5.6. В открывшемся окне ввести номер секции, чертеж и параметры каркаса.

5.7. После указания толщины листовой обшивки провести расчет стоечной или лекальной постели.

5.8. Проверить правильность выполнения расчетов можно в закладке "2 D геометрия", "База", "Читать конструкцию", "Оснастка". При этом можно проверять разные параметры постели: диагонали и габаритные размеры, места установления стоек, ряды постели, условные шпангоуты, растяжку контрольных линий и т.д.

Контрольные вопросы

1. Что представляют собой средства технологической оснастки?
2. Назовите назначение постелей.
3. Какие бывают постели и основные их характеристики?
4. Назовите преимущества автоматизации проектирования средств технологической оснастки.

Лабораторная работа № 6. Оптимизация технологического процесса.

Цель работы:

1. Ознакомиться с методами оптимизации при решении задач технологического проектирования.

2. Получить практические навыки в решении задач оптимизации в среде Microsoft Excel.

Оптимизация технологических процессов предусматривает нахождение наилучшего результата решения задачи с минимальными затратами всех необходимых для этого ресурсов.

В работе рассматривается задача определения оптимального объема сменно-суточного задания для корпусообрабатывающего производства при изготовлении деталей. Для решения поставленной задачи необходимо из всего перечня деталей выбрать те, при изготовлении которых задействованное оборудование будет максимально загружено. Это условие можно записать в виде выражения:

$$\sum_{i=1}^k T_i \rightarrow \max, \quad (6.1)$$

где T_i – трудоемкость изготовления деталей на i -м оборудовании (рабочем месте); k – количество рабочих мест.

Одновременно каждая единица оборудования может работать ограниченное время, обусловленное или продолжительностью рабочего дня, или временем, отведенным для изготовления рассматриваемой партии деталей. Поэтому можно записать:

$$T_i \leq P_i, \quad (6.2)$$

где P_i – плановая загрузка рабочего места.

Величину T_i можно определить как суммарную трудоемкость выполнения соответствующей технологической операции при изготовлении деталей:

$$T_i = \sum_{j=1}^N t_{ji} x_j, \quad (6.3)$$

где t_{ji} – трудоемкость выполнения i -й технологической операции при изготовлении j -й детали; x_j – количество j -ых деталей.

При этом действуют ограничения:

$$M_{1j} \leq x_j \leq M_{2j}, \quad (6.4)$$

где M_{1j} – минимальное необходимое количество j -ых деталей, которое запланировано изготовить; M_{2j} – общее количество j -ых деталей по чертежу.

Таким образом, для определения оптимального количества деталей сменно-суточного задания, необходимо решить систему линейных уравнений (6.3) с учетом (6.2) и (6.4). В результате можно составить систему из $2(N + K)$ уравнений, которые содержат $3N + K$ неизвестных. Дополнительные неизвестные появляются при преобразовании неравенств (6.4) и (6.2) в равенства. На практике $N \gg K$, т. е. количество неизвестных значительно превышает количество уравнений, такую задачу можно решать только с использованием оптимизационных методов, используя (6.1) в качестве целевой функции. Необходимо добавить условие целочисленности неизвестных x_j , учитывая, что нельзя изготавливать только часть детали, которое дает возможность классифицировать задачу, как задачу целочисленного линейного программирования.

Для решения задачи использована программа Microsoft Excel.

Последовательность выполнения работы:

6.1. Подготовить исходные данные для решения оптимизационной задачи на основе данных, выбранных из табл. 6.1, 6.2, 6.3 в соответствии с номером варианта согласно списку академической группы.

6.1.1. Ввести справочные данные согласно табл. 6.1.

Таблица 6.1. Справочные данные

Справочные данные	Значение
Скорость снятия фаски на строгальном станке	2,2
Подготовительно-заключительное время (ПЗ) для одной детали	2,0
Скорость зачистки кромки	1,0
Время выполнения одного прохода при гибке листа	3,2
ПЗ при гибке для одной детали	5,0
Время гибки на фланцегибочном станке, вместе с ПЗ	2,0

6.1.2. Из табл. 6.2 в соответствии с номером варианта ввести технологические данные по обработке деталей.

Таблица 6.2. Технологические данные по обработке деталей

№ детали	Количество по чертежу	Длина обрабатываемых кромок, м		Количество проходов при гибке	Гибка фланца
		зачистка	снятие фаски		
1	2	8,2	4,0	6	
2	4	12,3	8,2	5	
3	6	9,4	9,4	5	

Продолж. табл. 6.2

№ детали	Количество по чертежу	Длина обрабатываемых кромок, м		Количество проходов при гибке	Гибка фланца
		зачистка	снятие фаски		
4	5	6,3	2,3		
5	3	7,2		4	
6	2	8,3	3,7		
7	24	2,1			+
8	16	2,2			
9	8	2,7	2,7		
10	10	1,8			+
11	4	7,6			
12	2	4,8			+
13	2	6,3			+
14	3	8,9	4,9		
15	2	12,1	8,4	6	
16	2	12,6	11,6	7	
17	18	3,5			+
18	6	6,2	1,2		
19	5	5,4	5,4		
20	5	6,5	6,5		
21	7	8,5	6,5		
22	4	8,2			+
23	8	3,2			+
24	16	7,2	5,3	4	
25	8	7,9	5,8		
26	6	8,1	7,3	4	
27	14	6,3	6,3		
28	32	1,1			+
29	22	1,2			+
30	18	2,2	2,2		

6.1.3. Из табл. 6.3 ввести перечень деталей, которые необходимо изготовить.

6.2. В строке плановая загрузка рабочего места ввести данные по загрузке. По зачистке кромок плановая загрузка не превышает 260 н-ч, для снятия фаски – 430 н-ч, для гибки деталей и фланцев – 470 н-ч.

6.3. Установить целевую функцию. Для этого выбрать пункт меню "Сервис", "Поиск решения" и подготовить информацию для решения задачи.

Таблица 6.3. Перечень деталей задания

№ вар.	Перечень деталей	Ограничения	
		изготовить все	изготовить не меньше одной
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 26, 29, 30	8, 26	15, 18
2	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 27, 29, 30	3, 29	7, 18
3	1, 2, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 15, 18, 20, 26, 29, 30	5, 20	10, 11
4	1, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 18, 21, 23, 28, 29	8, 29	12, 21
5	3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 14, 15, 19, 21, 26, 27, 30	4, 11	9, 12
6	1, 5, 6, 9, 10, 12, 14, 15, 17, 20, 22, 24, 25, 26, 29	9, 14	6, 26
7	1, 2, 4, 6, 8, 11, 12, 13, 15, 18, 20, 21, 23, 28, 29	12, 13	6, 8
8	5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 18, 21, 23, 28, 29	10, 16	9, 28
9	1, 4, 5, 6, 8, 12, 13, 15, 18, 21, 22, 23, 26, 28, 29	1, 28	4, 6
10	1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 18, 21, 23	8, 13	10, 18
11	5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 18, 21, 22, 23, 28, 29	9, 15	12, 25
12	3, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 21, 23, 25, 29	19, 25	8, 18
13	1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 13, 15, 18, 21, 23, 28, 30	6, 21	4, 15
14	3, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 17, 18, 22, 24, 26, 28, 30	12, 17	8, 18
15	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 21, 20, 23, 25, 27, 29	5, 11	9, 27
16	1, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 15, 17, 19, 20, 23, 24, 27	12, 17	3, 24
17	2, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 14, 16, 17, 19, 21, 24, 26, 28	11, 19	12, 26
18	3, 5, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 21, 23, 25, 26	6, 23	3, 16
19	3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 18, 21, 24, 28, 30	18, 30	4, 7
20	1, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 18, 22, 23, 27, 29	14, 23	22, 29

В появившемся окне (рис. 6.1), назначить ячейку, в которой выполняется расчет значения целевой функции. Формула в этой ячейке содержит прямую или косвенную ссылки на ячейки с неизвестными, диапазон которых указывается в поле "Изменяя ячейки". Также выбирается один из вариантов значения, к которому должна стремиться целевая функция: максимальное, минимальное или фиксированное. В данной работе загрузка оборудования и рабочих мест должна быть максимальной.

6.4. Ввести ограничения и граничные условия задачи. Для этого используется специальное окно, которое открывается при активизации закладки "Добавить" (рис. 6.2).

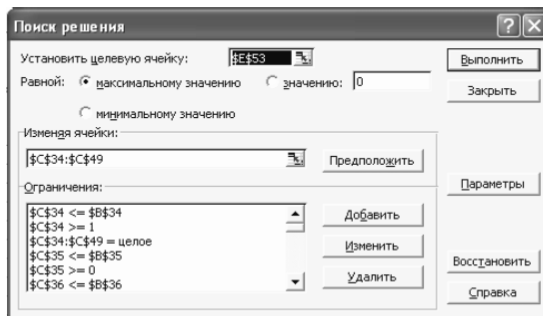


Рис. 6.1. Окно подготовки данных

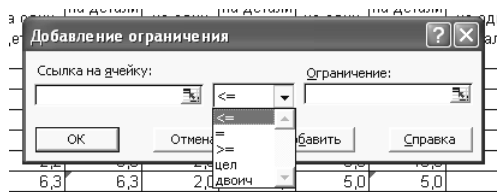


Рис. 6.2. Ввод ограничений

В этом окне в поле "Ссылка на ячейку" указывается ячейка или диапазон ячеек, в которых содержатся переменные величины. В поле "Ограничение" задается ячейка или диапазон ячеек, содержащих граничные значения для соответствующих переменных величин.

6.5. Задать параметры оптимизации. Активизировать кнопку "Параметры" окна "Поиск решения" (рис. 6.3).

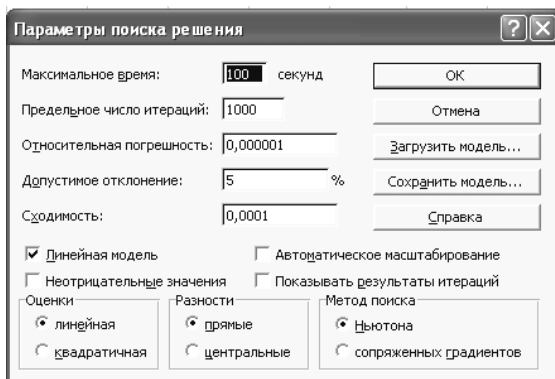


Рис. 6.3. Параметры оптимизации

В этом окне необходимо включить закладку "Линейная модель" и установить линейную оценку при оптимизации. Другие параметры можно оставить неизменными.

6.6. Выполнить оптимизацию, активизировав кнопку "Выполнить". При этом запускается процесс оптимизации, позволяющий получить решение для заданной модели. При нахождении оптимального решения в ячейки, которые были обозначены как независимые переменные, заносятся рассчитанные значения количества деталей. Полученный результат необходимо сохранить для дальнейшего анализа.

6.7. Выполнить анализ полученных результатов, где необходимо указать выполнение заданных ограничений, степень загрузки рабочих мест, обосновать их недостаточную загрузку. Для выполнения анализа можно воспользоваться отчетом поиска решения, который сохраняется в виде отдельного листа рабочей книги после окончания расчета.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой оптимизация технологического процесса?
2. Какие параметры оптимизации предназначены для решения задачи определения оптимального объема сменно-суточного задания для корпусообрабатывающего производства?
3. Назовите ограничения и граничные условия задания.
4. Как происходит подготовка данных для решения поставленной задачи?
5. Что представляет собой целевая функция?

Лабораторная работа № 7. Применение экспертных систем для проектирования технологических процессов.

Цель работы:

1. Ознакомиться с методами экспертной оценки.
2. Научиться решать задачи, связанные с принятием технологических решений.
3. Получить практические навыки по автоматизации экспертной оценки.

При проектировании конструкций, технологических процессов всегда имеет место процедура принятия решения, в рамках которой проводится определенный выбор. Это предполагает наличие разных вариантов (альтернатив), которым отдается предпочтение. В условиях неопределенности выбор решений является довольно сложной задачей,

а человек, принимающий это решение, нуждается в помощи. Такую помощь в судостроении чаще всего предоставляют определенные группы людей (эксперты).

Одним из направлений в поиске решений, помогающим достичь лучших результатов, является системный анализ, в результате которого даются полезные рекомендации, помогающие выбрать альтернативу, наиболее соответствующую интересам проектанта и наилучшую в условиях ограниченного времени и других ресурсов.

В данной работе для решения полученных задач используется метод анализа иерархий (Т. Саати) [3]. Он позволяет построить граф целей и задач, которые представляют собой иерархическую структуру, состоящую из определенного количества уровней. Метод заключается в декомпозиции задачи на более простые составные части и дальнейшей обработке последовательности суждений проектанта, который принимает решение, согласно парным сравнениям. Метод анализа иерархий (МАИ) включает процедуры синтеза множественных суждений, получение приоритетности критериев и нахождение альтернативных решений.

Рассмотрим использование МАИ на примере решения задачи выбора оптимальной формы сечения конструкций наружных стенок надстройки.

На первом этапе, учитывая принцип идентичности и декомпозиции, которые предусматривают структурирование задачи в виде иерархии или сети, выберем вид иерархии. Для поставленной задачи выбора оптимального сечения конструкции наиболее приемлемой является доминантная иерархия (рис. 7.1). Откуда видно, что на первом уровне иерархии находится общая цель – выбор оптимального сечения наружных стенок судовой надстройки. На втором уровне находятся критерии, согласно которым выбирается необходимая форма сечения конструкции. На третьем уровне расположено четыре конструкции-кандидата, которые должны быть оценены относительно критериев второго уровня.

Конструкции-кандидаты имеют различные формы сечения, а именно:

- 1) полотнище с приваренными ребрами жесткости в виде несимметричного полособульба;
- 2) полотнище с приваренными ребрами жесткости в виде симметричного полособульба;
- 3) симметричный трапециевидный гофр с углом наклона боковой стенки 45° ;
- 4) симметричный трапециевидный гофр с углом наклона боковой стенки 90° .

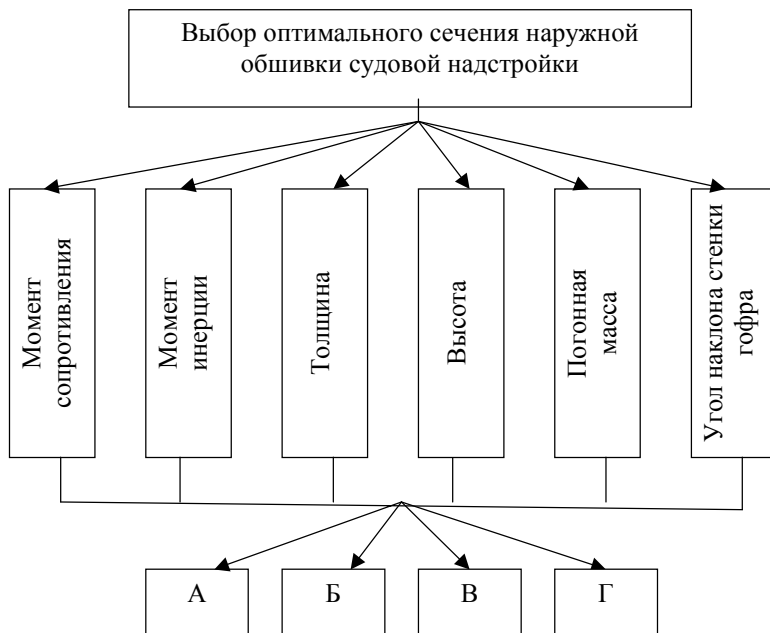


Рис. 7.1. Декомпозиция задачи выбора сечения в иерархию

После иерархического воспроизведения задачи необходимо установить приоритеты критериев и оценить каждую из альтернатив по критериям, определив важнейший из них. Для этого элементы задачи сравниваются попарно относительно их влияния на общую для них характеристику. Парные сравнения приводят к квадратичной матрице

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}, \quad (7.1)$$

которая имеет свойство обратной симметричности, т. е.

$$a_{ji} = 1/a_{ij},$$

где индексы i и j относятся к строке и столбцу соответственно.

Пусть $A_1, A_2 \dots A_n$ – множество из n элементов и $w_1, w_2 \dots w_n$ – соответственно интенсивность их влияния (вес). Сравнение весов можно представить следующим образом:

$$\begin{array}{c|ccccc}
 & A_1 & A_2 & A_3 & \dots & A_n \\
 \hline
 A_1 & \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \frac{w_1}{w_3} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\
 A_2 & \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \frac{w_2}{w_3} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\
 A_3 & \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \frac{w_3}{w_3} & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\
 \dots & \dots\dots\dots & \dots\dots\dots & \dots\dots\dots & \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\
 A_n & \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \frac{w_n}{w_3} & \dots & \frac{w_n}{w_n}
 \end{array} \quad (7.2)$$

Так как $w_1, w_2 \dots w_n$ неизвестны заранее, то попарные сравнения элементов проводятся с использованием субъективных суждений, численно оцениваемых по шкале в табл. 7.1 [3], а потом решается задача нахождения компонент w .

Таблица 7.1. Шкала оценивания

Интен- сивность важности	Определение	Пояснение
1	Равная важность	Равный вклад двух сравниваемых элементов
3	Умеренное превосходство одного над другим	Опыт и суждения дают легкое превосходство одного элемента над другим
5	Существенное или сильное превосходство	Опыт и суждения дают сильное превосходство одного элемента над другим
7	Значительное превосходство	Одному элементу предоставляется настолько сильное превосходство, что он становится практически значимым

Продолж. табл. 7.1

Интенсивность важности	Определение	Пояснение
9	Очень сильное превосходство	Очевидное превосходство одного элемента над другим подтверждается наиболее сильно
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения между двумя соседними суждениями	Принимаются в компромиссном случае

Для рассмотренной задачи составляются табл. 7.2, 7.3, используемые для составления матриц согласно (7.1) и (7.2).

Таблица 7.2. Попарные сравнения для уровня иерархии 2

	Момент сопротивления W	Момент инерции I	Толщина S	Высота гофра h	Масса m	Угол наклона стенки гофра φ
Момент сопротивления W	1	2	3	5	1/2	6
Момент инерции I	1/2	1	3	5	1/2	5
Толщина S	1/3	1/3	1	3	1/2	4
Высота гофра h	1/5	1/5	1/3	1	1/5	1/2
Масса m	2	2	2	5	1	5
Угол наклона стенки гофра φ	1/6	1/5	1/4	2	1/5	1

Таблица 7.3. Попарные сравнения для уровня иерархии 3

Момент сопротивления W	А	Б	В	Г
А	1	1/2	1/2	1/2
Б	2	1	3	2
В	2	1/3	1	1/2
Г	2	1/3	2	1
Момент инерции I	А	Б	В	Г
А	1	1/2	1/4	1/3
Б	2	1	1/3	1/2
В	4	3	1	2
Г	3	2	1/2	1

Продолж. табл. 7.3

Толщина S	A	Б	В	Г
A	1	2	1/4	1/4
Б	1/2	1	1/5	1/4
В	4	5	1	1
Г	4	4	1	1
Высота гофра h	A	Б	В	Г
A	1	1	2	2
Б	1	1	2	2
В	1/2	1/2	1	2
Г	1/2	1/2	1/2	1
Масса m	A	Б	В	Г
A	1	2	1/6	1/5
Б	1/2	1	1/7	1/6
В	6	7	1	2
Г	5	6	1/2	1
Угол наклона стенки гофра φ	A	Б	В	Г
A	1	1	3	1
Б	1	1	3	2
В	1/3	1/3	1	1/2
Г	1	1/2	2	1

Из группы матриц парных сравнений формируется набор локальных приоритетов, которые выражают относительное влияние множества элементов на элемент уровня, примыкающего сверху. Находим относительную вероятность каждого отдельного объекта. Для этого вычисляем множество собственных векторов для каждой матрицы путем нахождения геометрического среднего, а потом нормализуем результат к единице, получая тем самым вектор приоритетов.

Компоненты собственного вектора для i -й строки с j количеством компонентов рассчитаем по формуле [3]:

$$a_i = \sqrt[j]{\left(\frac{w_i}{w_1}\right) \times \left(\frac{w_i}{w_2}\right) \times \left(\frac{w_i}{w_3}\right) \times \dots \times \left(\frac{w_i}{w_j}\right)}. \quad (7.3)$$

Нормализованный результат для получения оценки вектора приоритета получаем по формуле:

$$x_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i}, \quad (7.4)$$

где i – номер строки, n – количество строк в матрице.

Для рассмотренного случая согласно (7.3) и (7.4) получаем вектор приоритетов (табл.7.4).

Таблица 7.4. Вектор приоритетов

	Момент сопротивления W	Момент инерции I	Толщина S	Высота гофра h	Масса m	Угол наклона стенки гофра φ	Вектор приоритетов
Момент сопротивления W	1	2	3	5	1/2	6	0,271
Момент инерции I	1/2	1	3	5	1/2	5	0,208
Толщина S	1/3	1/3	1	3	1/2	4	0,120
Высота гофра h	1/5	1/5	1/3	1	1/5	1/2	0,042
Масса m	2	2	2	5	1	5	0,309
Угол наклона стенки гофра φ	1/6	1/5	1/4	2	1/5	1	0,049

Для того, чтобы избежать несогласованности матрицы суждений, необходимо определить отношение согласованности – ОС, показывающее отношение индекса согласованности – ИС исходной матрицы суждений к случайной согласованности матрицы того же порядка. При чем величина ОС должна быть около 10 %, чтобы быть приемлемой. В некоторых случаях можно допустить 20 %, но не больше [3].

Для определения ОС необходимо найти наибольшее собственное значение матрицы суждений $\lambda_{\max}$ по формуле:

$$\lambda_{\max} = \left(\frac{w_1}{w_1} + \frac{w_2}{w_1} + \frac{w_3}{w_1} + \dots + \frac{w_n}{w_1} \right) \cdot x_1 + \left(\frac{w_1}{w_2} + \frac{w_2}{w_2} + \frac{w_3}{w_2} + \dots + \frac{w_n}{w_2} \right) \cdot x_2 + \dots + \left(\frac{w_1}{w_n} + \frac{w_2}{w_n} + \frac{w_3}{w_n} + \dots + \frac{w_n}{w_n} \right) \cdot x_n. \quad (7.5)$$

Индекс согласованности определим по формуле:

$$ИС = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (7.6)$$

где n – количество сравниваемых элементов.

Величину ОС найдем по формуле:

$$ОС = \frac{ИС}{СС}, \quad (7.7)$$

где СС – величина случайной согласованности для случайных матриц разного порядка (для второго уровня иерархии СС = 1,24, для третьего СС = 0,9).

Для рассмотренного случая $\lambda_{\max} = 6,312$, ИС = 0,062, ОС = 5 %.

Для третьего уровня выполняются аналогичные вычисления, результаты которых представлены в табл. 7.5.

Таблица 7.5. Решения и согласованность для уровня иерархии 3

Альтернативы	А	Б	В	Г	$\lambda_{\max}$	ИС	ОС
Вектор приоритетов	Момент сопротивления W						
	0,139	0,434	0,177	0,250	4,064	0,021	0,024
	Момент инерции I						
	0,095	0,16	0,467	0,276	4,021	0,007	0,008
	Толщина S						
	0,116	0,078	0,414	0,391	4,03	0,01	0,011
Вектор приоритетов	Высота гофра h						
	0,332	0,332	0,197	0,140	4,056	0,019	0,021
	Масса m						
	0,173	0,132	0,421	0,274	5,960	0,653	0,73
	Угол наклона стенки гофра φ						
	0,279	0,331	0,178	0,212	4,424	0,141	0,157

Следующим этапом является применение принципа синтеза. Для определения глобальных приоритетов формы сечений в матрице локальные приоритеты располагаются относительно каждого критерия, каждый столбец множится на приоритет соответствующего критерия и результат складывается вдоль каждой строки (табл. 7.6).

Таблица 7.6. Глобальные приоритеты

	0,271	0,208	0,120	0,042	0,309	0,049	Глобальные приоритеты
А	0,139	0,095	0,116	0,332	0,173	0,279	0,152
Б	0,434	0,160	0,078	0,332	0,132	0,331	0,231
В	0,177	0,467	0,414	0,197	0,421	0,178	0,342
Г	0,250	0,276	0,391	0,140	0,274	0,212	0,273

Анализируя полученные глобальные приоритеты можно сделать вывод, что наиболее оптимальной является альтернатива В, которая представляет собой гофр трапециевидного сечения и имеет максимальное значение глобального приоритета. Данная форма сечения превосходит другие и будет принята для наружных стенок надстройки.

Предложенный подход дает возможность учитывать степень преимущества каждого параметра и альтернативы. Допустимая степень несогласованности суждений разных специалистов по вопросу выбора оптимальной конструкции позволяет объективно принять наилучшее решение.

Последовательность выполнения работы:

7.1. В соответствии с полученным у преподавателя заданием выполнить декомпозицию задачи в иерархию. Для этого необходимо определить основную цель задачи, которая является первым уровнем иерархии. Далее необходимо определить параметры, влияющие на принятие решения. Эти параметры размещаются на втором уровне иерархии. Третий уровень формируют альтернативы решений, из которых будет выбрано оптимальное.

7.2. По табл. 7.1 выполнить попарные сравнения для компонентов уровня иерархии 2 и заполнить табл. 7.2. Во время заполнения табл. 7.2. нужно учитывать, если приоритетность момента сопротивления превышает критерий толщины, и степень преимущества по шкале оценивания соответствует 3, то в строке момента сопротивления напротив толщины записывается значение 3, а в строке толщины напротив момента сопротивления – 1/3.

7.3. Аналогично выполнить попарные сравнения для уровня иерархии 3 и заполнить табл. 7.3.

7.4. Рассчитать векторы приоритетов согласно (7.3), (7.4) для второго и третьего уровней иерархии, занести полученные значения в табл. 7.4, 7.5.

7.5. Рассчитать величины $\lambda_{\max}$, ИС, ОС по формулам (7.5), (7.6), (7.7) и занести полученные значения в табл. 7.5.

7.6. Рассчитать глобальные приоритеты каждой из альтернатив и заполнить табл. 7.6.

7.7. Выполнить анализ полученных глобальных приоритетов, выбрать и обосновать решение задачи.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой экспертная оценка?
2. Что представляют собой глобальные приоритеты и для чего они нужны?
3. Как выполняют попарное оценивание элементов оптимизации?
4. Поясните применение принципа синтеза.
5. Назовите преимущества использования метода анализа иерархий.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. **Александров, В. Л.** Основы технологии судостроения [Текст] : учебник / В. Л. Александров, Г. В. Бавыкин, В. П. Доброленский, А. С. Рашковский и др.; под общ. ред. В. Ф. Соколова. – С.Пб. : Судостроение, 1995. – 400 с. – Библиогр. : С. 398–399.

2. **Рашковський, О. С.** Технологія виготовлення деталей корпусу судна [Текст] : навч. посібник / О. С. Рашковський, С. І. Жигуліна, В. М. Перов, С. М. Сліжевський; під заг. ред. проф. О. С. Рашковського. – Миколаїв : НУК, 2009. – 136 с. – Бібліогр. : С. 132.

3. **Саати, Т.** Аналитическое планирование. Организация систем [Текст] / Т. Саати, К. Кернс; под ред. И.А. Ушакова. – М. : "Радио и связь", 1991. – 224 с. – Библиогр. : С. 222.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. Общие указания по выполнению лабораторных работ	4
2. Лабораторные работы. Блок № 1	5
<i>Лабораторная работа № 1. Разработка информационной модели детали</i>	<i>5</i>
<i>Лабораторная работа № 2. Алгоритмизация проектирования технологического процесса изготовления деталей корпуса судна</i>	<i>7</i>
<i>Лабораторная работа № 3. Инструментальные средства моделирования деталей корпуса судна</i>	<i>9</i>
<i>Лабораторная работа № 4. Моделирование корпусных деталей методом графических построений</i>	<i>11</i>
<i>Лабораторная работа № 5. Применение типовых решений при моделировании деталей корпуса судна</i>	<i>12</i>
<i>Лабораторная работа № 6. Маркировка и нанесение припусков на детали</i>	<i>13</i>
<i>Лабораторная работа № 7. Построение каркаса для деталей сложной кривизны</i>	<i>16</i>
3. Лабораторные работы. Блок № 2	19
<i>Лабораторная работа № 1. Разработка карт раскроя листового проката</i>	<i>19</i>
<i>Лабораторная работа № 2. Разработка маршрута резки листовых деталей корпуса судна</i>	<i>21</i>
<i>Лабораторная работа № 3. Разработка управляющих программ резки для оборудования с программным управлением</i>	<i>22</i>
<i>Лабораторная работа № 4. Разработка технологической документации</i>	<i>23</i>
<i>Лабораторная работа № 5. Проектирование средств технологической оснастки</i>	<i>24</i>
<i>Лабораторная работа № 6. Оптимизация технологического процесса.</i>	<i>25</i>
<i>Лабораторная работа № 7. Применение экспертных систем для проектирования технологических процессов.</i>	<i>31</i>
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	41