

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»
(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей
в машиностроении»
(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему «Усовершенствование технологического процесса изготовления
бимсов корпуса пассажирского теплохода»

Студент

Е.С. Искаков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

д.э.н., доцент И.В. Краснопевцева

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Аннотация

Объектом проектирования в данной выпускной квалификационной работе является технологический процесс изготовления бимса корпуса пассажирского теплохода – двутавровой балки.

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение качества сварных соединений и производительности труда при изготовлении бимсов пассажирского теплохода из стали 10ХСНД.

Предварительный литературных обзор позволил выделить несколько способов изготовления двутавровой балки:

- ручная дуговая сварка штучным электродом;
- полуавтоматическая сварка порошковой проволокой;
- полуавтоматическая сварка в среде защитных газов;
- автоматическая сварка.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- Разработка проектной технологии изготовления бимса.
- Выявление негативных факторов и рисков, связанных со сваркой бимсов теплохода и разработка мероприятий по их уменьшению.
- Оценка эффективности проектной технологии.

Анализ экономической эффективности предложенных решений позволил установить, что внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 3.09млн. рублей.

Пояснительная записка состоит из 77 страниц, графическая часть включает в себя 8 листов формата А1.

Abstract

The theme of the graduation work is the improvement of the technological process of manufacturing the beam of the passenger ship's hull.

The purpose of the work is to improve the quality of welded joints and labor productivity in the manufacture of beams for passenger ships.

the thesis consists of 4 parts.

In part 1, we analyze the initial data: a description of the structure of the ship, the material of the beam, its characteristics and the loads acting on it and consider the basic one. Then, taking into account the material, we calculate the welding modes and select equipment for them and consider the basic version. At the end of the first part, we set the tasks of the graduation work.

In part 2, we draw up the proposed technical process, consider the methods of welding beams, discussing reasonably which option would be more appropriate. Then we select the equipment and calculate the welding modes for the selected welding method.

In part 3, an analysis of hazardous and harmful production factors is carried out, its safety is assessed and measures are taken to eliminate it or reduce its impact.

In part 4, economic formulas are used to calculate the cost of a product, its rationality of use.

As a result, the applied technological process turned out to be economical and increased labor productivity.

Содержание

Введение.....	6
1 Современные данные по изготовлению бимса пассажирского теплохода	7
1.1 Описание конструкции теплохода	7
1.2 Материал бимса и его характеристики	10
1.3 Нагрузки, действующие на корпус корабля.....	13
1.4 Базовая технология изготовления	20
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.....	26
2 Проектная технология изготовления	27
2.1 Выбор способа сварки бимса	33
2.2 Выбор сварочных материалов	37
2.3 Расчет режимов сварки.....	40
2.4 Выбор сварочного оборудования и приспособления сварки	44
3 Безопасность и экологичность проекта	51
3.1 Характеристика рассматриваемого технического объекта.....	51
3.2. Риски принятых технических решений	51
3.3 Методика и средства снижения эксплуатационных рисков.....	53
3.4 Обеспечение пожарной безопасности.....	54
3.5 Оценка безопасности предлагаемого технического процесса	55
4. Экономическая эффективность	57
4.1 Расчет нормы штучного времени на выполняемые операции	57
4.2 Капитальные вложения в оборудование.....	58
4.3 Дополнительные капитальные вложения	62
4.4 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов.	62
4.5 Затраты на содержания и эксплуатацию сварочного оборудования и приспособления, сварочных площадей.....	66
4.6 Затраты на заработную плату основных производственных рабочих. .	68

4.7 Технологическая себестоимость изделия	70
4.8 Цеховая себестоимость изделия	70
4.9 Заводская себестоимость изделия	70
4.10 Полная себестоимость изделия.....	71
4.11 Расчет экономической эффективности разработанного проекта.....	72
4.12 Расчет повышения производительности труда	73
Заключение	76
Список используемой литературы и используемых источников.....	78

Введение

В настоящее время в мировом судостроении сварка используется довольно широко. В нашей стране также строятся морские и речные суда различного назначения на верфях Северодвинска, Новороссийска, Санкт-Петербурга, Владивостока.

Сварка в судостроении является основным технологическим процессом при производстве корпуса корабля. Её применение необходимо не только при изготовлении самого корпуса корабля, но и при ремонте его дефектных участков.

В данной работе рассматривается процесс изготовления бимсов пассажирского теплохода, анализируется возможность применения различных способов сварки, производится выбор наиболее эффективного способа, выполняется обоснование сделанного выбора.

При изготовлении бимса корабля, как правило, применяется дуговая сварка в среде защитных газов. Но она имеет определенные недостатки, связанные с влиянием на качественные характеристики сварного шва человеческого фактора, недостаточно надежной защитой сварного шва газом, необходимостью выполнения многопроходных сварных швов, что увеличивает трудоемкость изготовления конструкции. Применение более производительного способа дуговой сварки, а именно дуговой автоматической сварки под слоем флюса позволит устранить указанные недостатки и значительно повысить качество выполняемых сварных швов.

Замена способа сварки при изготовлении бимса корабля является достаточно актуальной, поскольку развитие отечественного кораблестроения должно идти по пути расширения производства, повышения качества и производительности выполнения сварочных работ.

Целью работы является повышение качества сварных соединений и производительности труда при изготовлении бимсов пассажирского теплохода.

1 Современные данные по изготовлению бимса пассажирского теплохода

1.1 Описание конструкции теплохода

«Корпус теплохода (рис. 1) представляет собой удлиненное плавающее тело, удобообтекаемой формы с большим отношением длины к ширине. Наружные поверхности корпуса имеют сложные криволинейные очертания (обводы), позволяющие иметь наименьшее сопротивление при передвижении в жидкой водной среде» [9].

«Теоретический чертеж судна (рис. 2) состоит из трех проекций:

- Бок – проекция на Диаметральная плоскость (рис. 2.а));
- Корпус – проекция на плоскость мидель-шпангоута (рис. 2б)).
- Полуширота – проекция на конструктивной ватерлинии (рис. 1.в)»; [9]

«Корпус надводного судна состоит из набора (остова), обшивки, палуб, платформ, внутреннего дна, продольных и поперечных водонепроницаемых переборок. Листы обшивки совместно с балками набора образуют соответствующие перекрытия: бортовые, палубные, переборочные, днищевые. Наличие палуб и переборок зависит от назначения корабля, но остов и обшивка являются обязательными элементами каждого корпуса» [21].



Рисунок 1 – Пассажирский теплоход

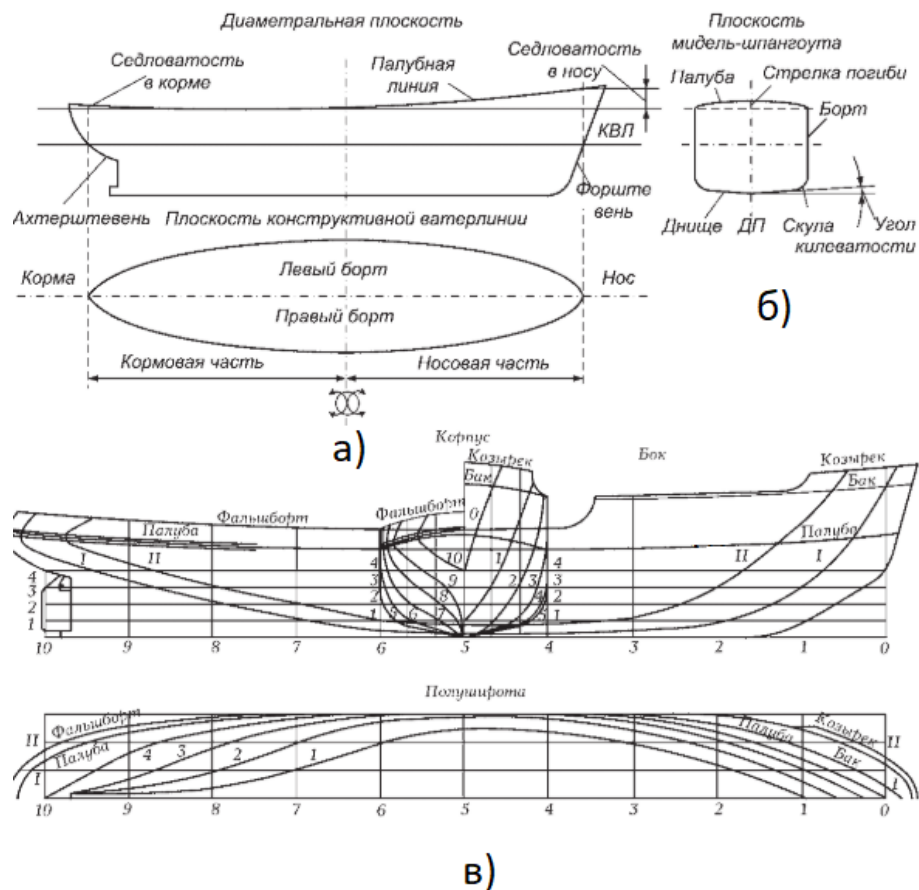


Рисунок 2 – Теоретический чертеж судна

«На рисунке 3 дана схема конструкции корпуса корабля. Корпус имеет наружную обшивку 1, верхнюю 7 и нижнюю 8 палубы, продольные 10 и

поперечные 9 перегородки, выполненные из листовых элементов и соединенные герметичными швами. Общая и местная жесткость корпуса обеспечивается приваркой различных прокатных и сварных балочных элементов: флор 3, шпангоутов 4, бортовых стрингеров 5, бимсов 6, вертикального киля 2. Большое число пересекающихся элементов, в особенности в сочетании с требованием герметичности соединений, усложняет конструкцию узлов и технологию их выполнения. В данной работе будет рассмотрен технологический процесс изготовления бимсов».

Бимс – поперечная балка, поддерживающая палубу, платформу, крышу надстройки (рис.4). Часть набора корпуса корабля. Он предназначен для придания жесткости перекрытиям, распределения нагрузки палубы на борт, конструкции и переборки, обеспечения поперечной прочности корабля.

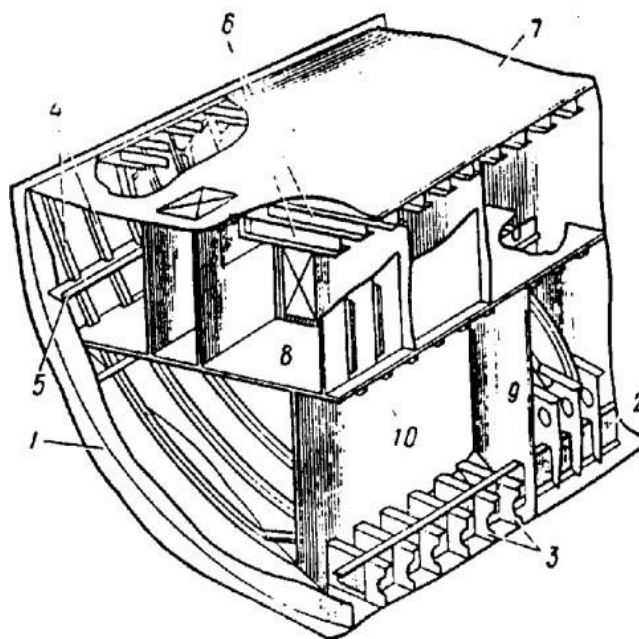


Рисунок 3 – Элементы корпуса корабля

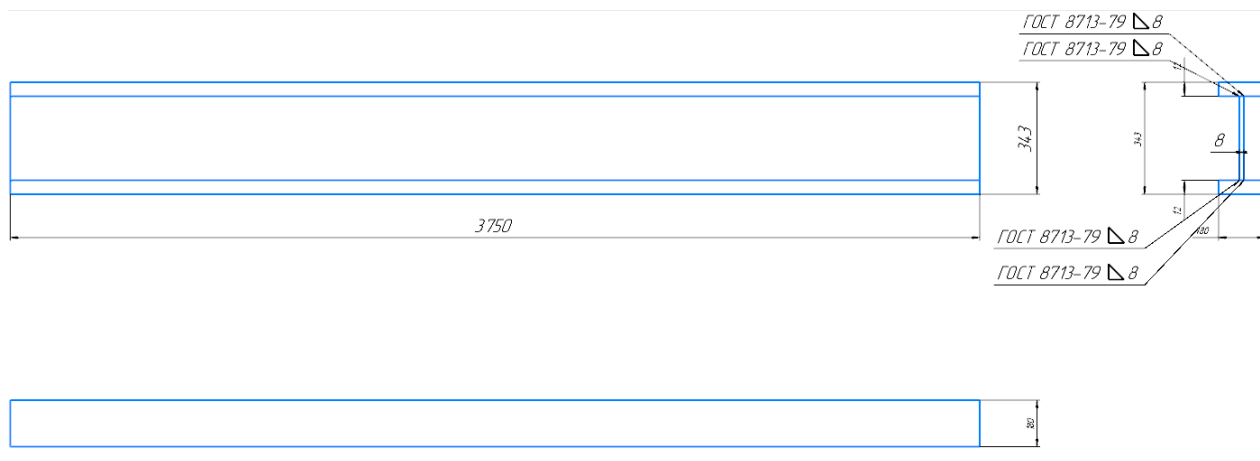


Рисунок 4 – Бимс пассажирского теплохода

1.2 Материал бимса и его характеристики

Бимс изготавливается из стали 10ХСНД. Эта сталь является низколегированной конструкционной и относится к группе хромокремненикелевых сталей. [3].

- Больше склонность к росту зерна в околошовной зоне
- Образования закалочных структур, что ведет к образованию холодных трещин
- Ударная вязкость металла ниже в зоне термического влияния сварного соединения
- Легированные элементы уменьшают стойкость металла шва к образованию горячих трещин
- Стойкость металла шва против образования горячих трещин ниже из-за наличия легирующих элементов.

Сталь 10ХСНД изготавливается в соответствии с ГОСТ 19281-89 в %

Таблица 1 – Состав низколегированной стали 10ХСНД

C, не более	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	N	As
						Не более			
0,12	0,8-1,1	0,5-0,8	0,6-0,9	0,5-0,8	0,4-0,6	0,035	0,040	0,008	0,08

Низколегированные стали хорошо свариваются всеми способами сварки плавлением. Обычно не имеется затруднений, связанных с возможностью образования холодных трещин, вызванных образованием в шве или околошовной зоне закалочных структур. Однако в сталях, содержащих углерод по верхнему пределу и повышенное содержание марганца и хрома, вероятность образования холодных трещин в указанных зонах повышается, особенно с ростом скорости охлаждения (повышение толщины металла, сварка при отрицательных температурах, сварка швами малого сечения и др.). В этих условиях предупреждение трещин достигается предварительным подогревом до 1200 – 2000°С» [12,14]. Для получения необходимых механических свойств сварных соединений (высокую прочность), необходимо следующим этапом произвести термическая обработка.

Так как сварка низкоуглеродистых сталей ограничивается низкими пределами изменений параметров режима, то для уменьшения перегрева и закалочных структур должны применять более жесткие требования к сварке по сравнению с той же нелегированной стали.

Геометрические размеры в таблице 3 подбираются в соответствии с ГОСТ 26020-83.

Таблица 3 – Геометрические размеры бимса пассажирского теплохода

Высота, мм	443
Длина, мм	6000
Профиль	Двутаавровый
Толщина полки, мм	180
Ширина полки, мм	11

Толщина стенки, мм	8
Тип балки	45Б1
Вес балки, кг	96,15-576,9

В работе будет разрабатываться технология сварки бимса средних размеров, который используется в центре корпуса корабля длиной 6000 мм, весом 359,04кг.

1.2.1 Свариваемость стали

Легированные элементы имеют большое влияние на свариваемость при производстве. Оценка свариваемости основывается на стойкости стали к образованию холодных трещин и склонности к горячим.

С помощью формулы 1.9 можно рассчитать склонность стали к образованию горячих трещин.

где C, S, P, Ni, Si, Mn, Cr, Mo, V – содержание соответствующих химических элементов (в %) в стали 10ХСНД по таблице 1.7

$$HCS = \frac{0,12 \cdot (0,04 + 0,035 + \frac{1,1}{25} + \frac{0,8}{100}) \cdot 10^3}{3 \cdot 0,8 + 0,9 + 0 + 0,12} = 3,61 \quad (1)$$

Так как $HCS < 4$, то сталь 10ХСНД не склонен к образованию горячих трещин.

Это склонность оценивается по количеству эквивалента углерода. Так же если окажется, что эквивалент углерод $C_{\text{э}} < 0,45\%$, то сталь можно сваривать без предварительного подогрева; если $C_{\text{э}} \geq 0,45\%$, то предварительных подогрев необходим в зависимости от величины $C_{\text{э}}$.

Полный эквивалент углерода $C_{\text{э}}$ определяется по формулам:

$$C_{\text{э}} = C_{\text{х}} + C_{\text{р}} \quad (2)$$

$$C_{\text{х}} = (360C + 40Mn + 40Cr + 20Ni + 28Mo) / 360 \quad (3)$$

$$C_{\text{р}} = 0,005 \cdot S \cdot C_{\text{х}} \quad (4)$$

где $C_{\text{х}}$ – химический эквивалент углерода;

$C_{\text{р}}$ – размерный эквивалент углерода.

C, Mn, Cr, Ni, Mo – % легирующих элементов

S – Толщина свариваемых кромок, мм

$$C_{\Sigma} = C_x \cdot (1 + 0,005 \cdot S) \quad (5)$$

Температура предварительного подогрева определяется по формуле:

$$T_n = 350 \sqrt{C_{\Sigma}^2 - 0,25} \quad (6)$$

Выполним необходимые расчеты

$$C_x = (360 \cdot 0,12 + 40 \cdot 0,8 + 40 \cdot 0,9 + 20 \cdot 0,8 + 28 \cdot 0) / 360 = 0,35\%$$

$$C_{\Sigma} = 0,35 \cdot (1 + 0,005 \cdot 20) = 0,385$$

Так как значение C_{Σ} меньше 0,45%, то подогрев не требуется.

1.3 Нагрузки, действующие на корпус корабля

«Все действующие во время эксплуатации нагрузки разделяют на статические и динамические. К статическим нагрузкам относят нагрузки, приложение которых носит плавный характер, такие как сила тяжести от корпуса с оборудованием, механизмов, груза, давление воды. Динамическими (внезапными) считают инерционные нагрузки при качке, воздействие волн, удары при швартовке. Для того чтобы выдержать эти нагрузки, судно должно обладать достаточными прочностью и жесткостью, т.е. способностью воспринимать нагрузки без разрушения и возникновения остаточных деформаций. Проверка прочности включает себя определение сил и моментов, действующих на корпус и отдельные конструкции, оценку возникающих при этом напряжений и сопоставление их с допустимыми значениями» [12].

«Прочность судна – это способность корпуса воспринимать действующие на него внешние и внутренние нагрузки (силы) без разрушения или остаточных деформаций. Судно считается прочным, если его корпус выдерживает следующие внешние нагрузки, действующие на него при эксплуатации (рис. 5)» [13], [16]:

- «весовая нагрузка — вес судна и всех находящихся на нём грузов, механизмов и оборудования» [13], [16];
- «гидростатическое давление воды (силы поддержания), действующее на наружную обшивку погружённого в воду судна» [13], [16];
- «гидродинамическое давление воды, оказываемое на корпус при ударах волн» [13], [16];
- «силы инерции, возникающие при качке от всех масс, расположенных на судне» [13], [16].

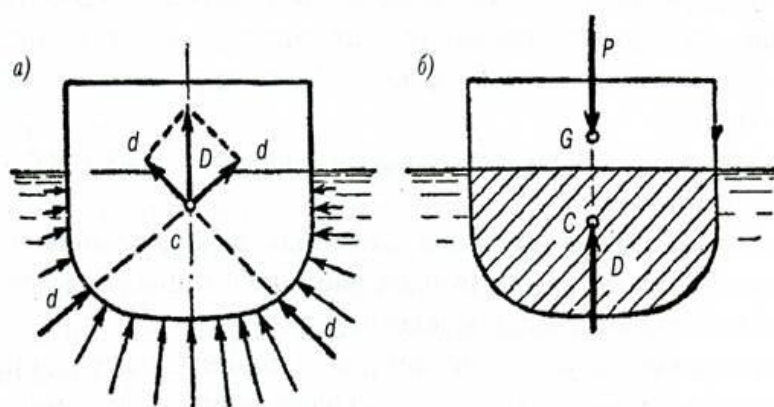


Рисунок 5 –Силы, действующие на судно

Обозначения векторов:

«а – силы поддержания;

б – равнодействующие сил веса и сил поддержания;

P – сила веса судна;

D – сила поддержания; C – центр величины;

G – центр тяжести судна» [13].

«Весовую нагрузку и гидростатическое давление воды на корпус относят к статическим нагрузкам, влияние которых на корпус не оставляет на нём заметных последствий» [13].

«Удары волн о корпус в шторм и инерционные нагрузки при качке относятся к динамическим (внезапным) нагрузкам, которые могут носить остаточный характер, их последствия — вмятины или пробоины» [13].

«При плавании в реальных морских условиях (на косом волнении) КС испытывает ещё и деформации кручения, в результате которых в определённых местах судна возникают напряжения изгиба и растяжения» [13].

Элементы корпуса должны обладать достаточной прочностью, чтобы они могли сопротивляться силовым нагрузкам. Все перекрытия рассчитываются по допустимым напряжениям сжатия и растяжения согласно «нормам прочности стальных морских судов» [13].

«Из схемы действия главных сил на КС (смотрите рис. 5) видно, что сила веса P всего судна направлена вертикально вниз, а навстречу ей действует равная по величине сила поддержания D . Сила веса приложена в ЦТ судна, а сила поддержания – в ЦВ, т. е. в геометрическом центре подводного объёма судна» [13].

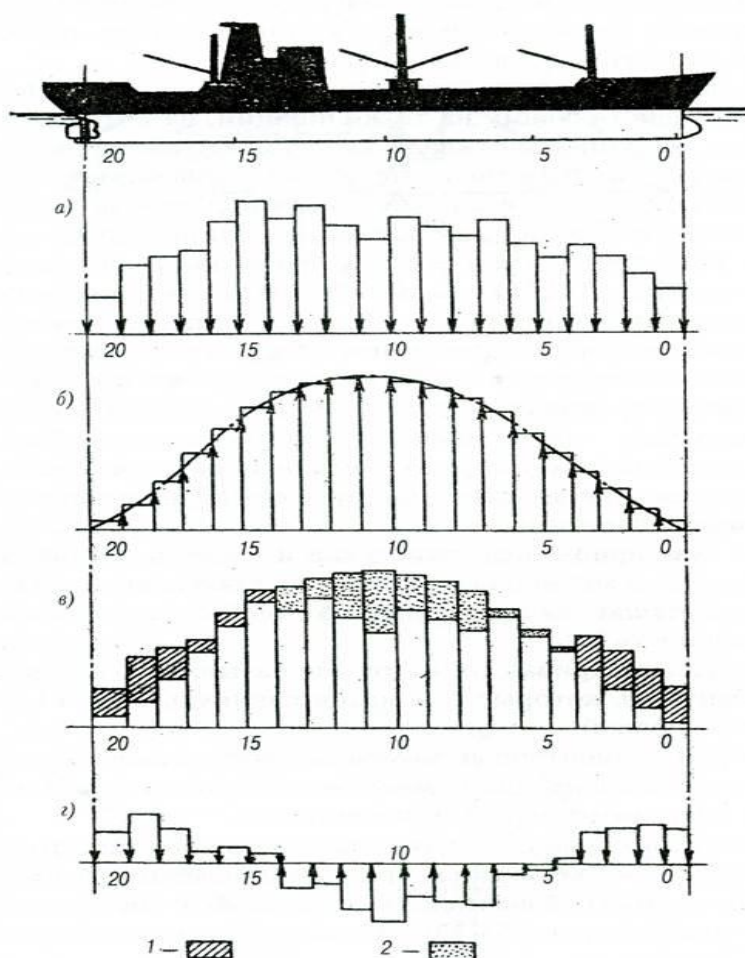


Рисунок 6 – Нагрузка судна:

«а – кривая сил веса;

б – кривая сил поддержания (с приведением к ступенчатой кривой);

в – наложение кривой сил веса на кривую сил поддержания;

г – результирующая кривая нагрузки, действующей на судно:

1 – избыток сил веса; 2 – избыток сил поддержания» [13].

Общая прочность судна обеспечивается:

– «общей продольной прочностью, чтобы уберечь судно от разрушения при продольном изгибе корпуса на волнении, продольном спуске, при постановке судна в док, посадке судна на мель» [13];

– «общей поперечной прочностью, чтобы обезопасить судно от разлома при кручении корпуса на волнении, при постановке судна в док, поперечном спуске на воду, посадке судна на мель» [13];

– «местной прочностью, чтобы уменьшить отрицательное воздействие на КС сосредоточенных и распределённых сил, возникающих при приёме и снятии грузов и образующихся в районе грузоподъёмных устройств (кранов, стрел). Эти силы действуют на КС также от реакций кильблоков при постановке в док, реакций спускового устройства при спуске, а также от гидростатического давления воды при аварийных затоплениях отсеков и в ряде других случаев» [13].

«При рассмотрении местной прочности корпус рассчитываемого судна разбивают на отдельные конструктивные элементы:

- судовые перекрытия;
- наружную обшивку;
- настил верхней палубы;
- двойное дно и двойные борта;
- платформы и другие элементы» [13].

«Таким образом, общая прочность судна обеспечивается внешней оболочкой, образованной обшивкой корпуса, настилом верхней палубы и продольными водонепроницаемыми переборками с подкрепляющими их рёбрами и связями набора» [13].

«Потеря общей прочности ведёт к гибели судна, поэтому расчёту её уделяют особое внимание» [13].

«Исходными данными для такого расчёта является интенсивность изменения нагрузки на судно, которая выражается эпюрой (законом) изменения внешних сил, действующих на корпус (рис. 6)» [13].

«Расчёты, связанные с оценкой общей прочности при продольном изгибе, ведут сначала для положения судна на тихой воде. При этом нагрузку определяют как разность ординат кривых сил тяжести и сил поддержания: $q = P - D$. При построении этих кривых предполагается, что в пределах теоретической шпации сила тяжести P от всех составляющих нагрузки в данном сечении КС распределена равномерно, а сила поддержания D , согласно закону Архимеда, уравновешивает её и находится как произведение

плотности воды на ускорение свободного падения и объём рассматриваемого отсека: $D = \rho_{\text{вг}} \cdot \Delta V$ » [13].

«Разность ординат указанных кривых представляет собой интенсивность внешней нагрузки в пределах заданного сечения (рис. 7), которая выражает смоченную площадь шпангоутов по длине судна $P_2(x) = \gamma \omega(x)$ в каждый конкретный момент времени. Величину этой площади находят по заранее построенной строевой по шпангоутам (рис. 8). Зная q , при расчётах прочности можно найти действующую в этих условиях перерезывающую силу N_0 и изгибающий момент M_0 » [13].



Рисунок 7 – Эпюры внешних сил, действующих на судно при общем изгибе

«Строевая по шпангоутам используется для определения координат ЦТ погружённых в воду объёмов по длине судна L , что наиболее важно для выявления точек приложения максимальных сил внешней нагрузки. Она представляет собой кривую, ординаты которой в принятом масштабе равны погружённым в воду площадям шпангоутов по заданную ватерлинию, а абсциссы – положению шпангоутов по длине судна» [13].

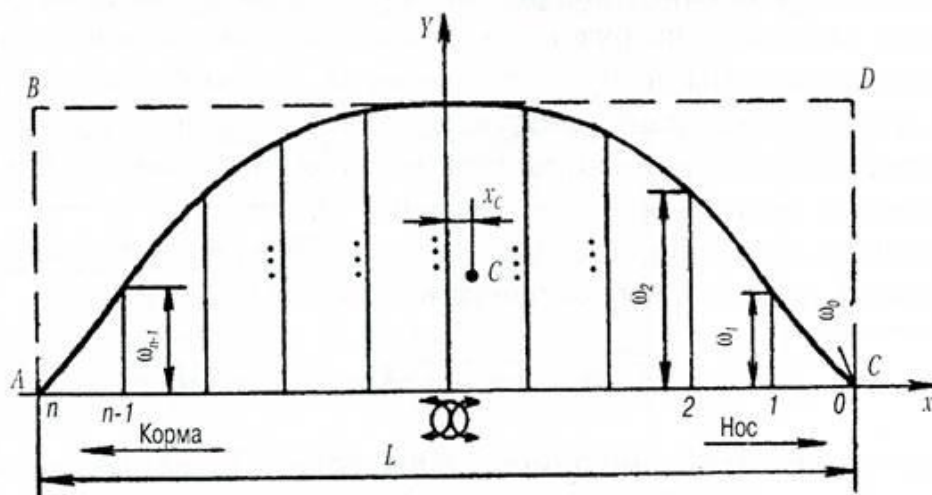


Рисунок 8 – Строевая по шпангоутам

«При проектировании судна исходят из компромиссных требований: общую продольную прочность всего судна необходимо обеспечивать не за счёт утяжеления его корпуса, а, наоборот, — за счёт его облегчения на основе применения высокопрочных материалов, что, однако, ведёт к удорожанию проекта. Для обеспечения местной прочности необходимо искать другие пути, в частности, оптимально распределять металл по поперечным сечениям как отдельных конструктивных элементов, так и корпуса в целом» [13].

«Наиболее сложным является прочностной расчёт плоского перекрытия, опирающегося на прямоугольный контур, который представляет собой сложную статически неопределимую систему. Расчёт такого контура выполняется при условном допущении, что вся внешняя нагрузка по периметру приложена только к ряду балок главного направления с реакциями внешних перекрёстных связей. Если балки набора расположены в одной плоскости и жёстко соединены между собой в узлах, то они представляют собой плоские рамы, которые воспринимают нагрузки в той же плоскости. На рисунке 9 представлена простая шпангоутная рама, состоящая из флора, двух шпангоутов и бимса, соединяемых в четырёх узлах. Она рассчитывается методом трёх моментов, как и для неразрезных балок» [13].

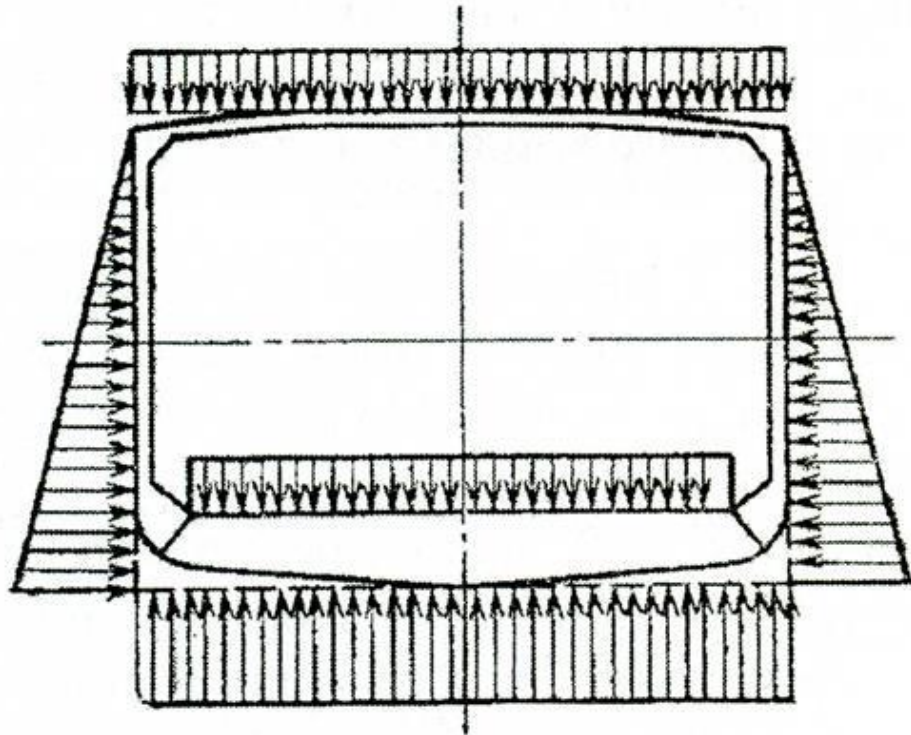


Рисунок 9 – Схема нагрузок, действующих на шпангоутную раму и перекрытия корпуса

1.4 Базовая технология изготовления

Бимс – двутавровая балка собирается из трех деталей: двух полок и стенки. Детали – листовые конструкции: полка имеет толщину 10 мм, стенка имеет толщину 8 мм.

1 Входной контроль

Лист заготовки должен быть исправлен в холодном состоянии, на поверхности не должно быть каких-либо дефектов и деформаций.

Так же необходим прогиб заготовки 0,25 мм на 1 м. длины заготовки. Это необходимо для того, чтобы при попадании воды на палубу корабля вода смогла стечь с неё.

Серповидность стенки балки и полки не должен превышать 0.1 мм на 1 метр длины балки.

При входном контроле необходимо использовать следующий инструмент: штангенциркуль, угольник, рулетку.

2 Разметка деталей бимса

Общие требования к разметке должны обязательно осуществляться с приложением 3 Ост5.9324-79.

Разметить заголовку металла будущей бимса так же можно с помощью чертилки и линейки ручным путем.

3 Резка

«Резка деталей с прямолинейными кромками из листов толщиной до 40 мм, как правило, производится на гильотинных ножницах (рис. 10 а). Разрезаемый лист 2 заводится между нижним 1 и верхним 4 ножами до упора 5 и зажимается прижимом 3. Верхний нож, нажимая на лист, производит скалывание. Погрешность размера обычно составляет $\pm(2,0...3,0)$ мм при резке по разметке и $\pm(1,5...2,5)$ мм при резке по упору. Прямой рез со скосом кромки под сварку можно получить, используя специальные ножницы (рис.10 б). При включении гидроцилиндра 1 качающийся нож держатель 3 поворачивается сначала вокруг оси А, производя прямой рез с помощью ножа 7. Когда упор 2 ноже держателя 3 дойдет до выступа детали 4, они поворачиваются совместно вокруг оси Б, отводя прижим 5 от регулируемого упора 6. Нож 8 совершает рез на скок» [22].

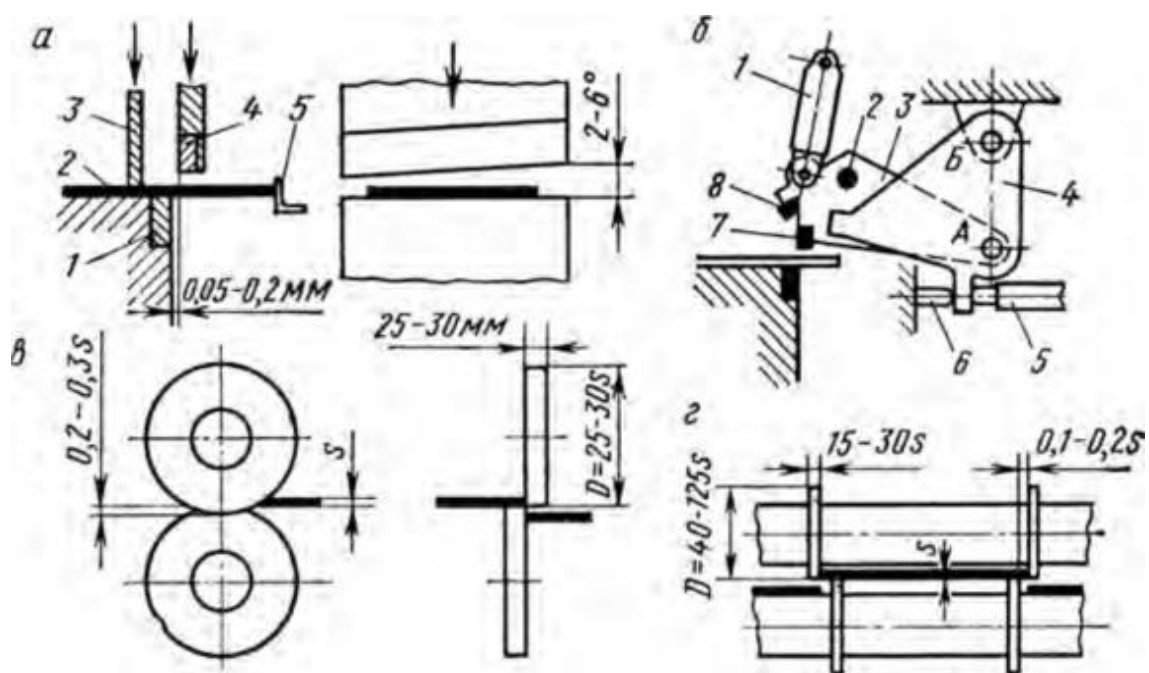


Рисунок 10 – Схема резки металла на ножницах

Время резки на гильотинных ножницах составляет около 2 минут.

Погрешность размера составляет 2-3 мм при резке по разметке. Время резки составит около 2 минут.

4 Зачистка кромок двутавровой балки

Кромки деталей должны быть зачищены перед сваркой от нежелательных инородных скоплений: масла, ржавчины, влаги, так же деталь должна быть окалина до чистого металла. Так же если после сборки деталь загрязнилось, её можно протереть хлопчатобумажной тканью или ветошью [22].

Металл в месте сварки тщательно очищают от ржавчины, пор и других дефектов на ширину 25-30 мм от стыка.

Оборудование: угловая шлифовальная машина Bosch.

5 Сборка бимса

Двутавровая балка состоит из трех основных элементов: стенки и двух полок. Допустимый зазор при сборке не должен превышать 0,1 мм.

В собранном сечении произвести прихватку деталей РДСК = 4 мм

$L_{пр} = 30$ мм, шаг прихватки 250 мм-электродом типа Э-50А, марки УОНИ 13/55, $I_{св}=160$ А, $U_{д}=26$ В;

Оборудование: сборочный стан Z15,

6 Сварка 1-го шва бимса

Выполнить первый поясной шов механизированной сваркой под слоем флюса (рис. 11). Полуавтоматическая сварка выполняется электродной проволокой типа Св-08ГА, Св-10ГА или Св-10Г2.

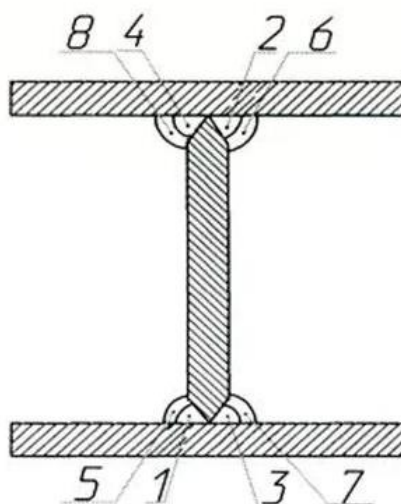


Рисунок 11 – Порядок наложения поясных швов

Оборудование: полуавтомат сварочный ПДГ-508М УЗ, источником питания будет сварочный выпрямитель ВДУ-1202.

$D_{эл.} = 2$ мм. $I_{св.}=350$ А. $V_{св.}=20$ м/ч. $I_{эл}=20$ мм. $U_{св}=30$

7 Сварка 2-го шва бимса

Выполнить второй поясной шов механизированной сваркой под слоем флюса (рис. 11). Полуавтоматическая сварка выполняется электродной проволокой типа Св-08ГА, Св-10ГА или Св-10Г2.

Оборудование: полуавтомат сварочный ПДГ-508М УЗ, источником питания будет сварочный выпрямитель ВДУ-1202.

$D_{эл.} = 2$ мм. $I_{св.}=350$ А. $V_{св.}=20$ м/ч. $I_{эл}=20$ мм. $U_{св}=30$

8 Сварка 3-го шва бимса

Выполнить третий поясной шов механизированной сваркой под слоем флюса (рис. 11). Полуавтоматическая сварка выполняется электродной проволокой типа Св-08ГА, Св-10ГА или Св-10Г2.

Оборудование: полуавтомат сварочный ПДГ-508М УЗ, источником питания будет сварочный выпрямитель ВДУ-1202.

Дэл. = 2мм. Исв.=350А. Vсв.=20 м/ч. Iэл=20мм. Uсв=30

9 Сварка 4-го шва бимса

Выполнить четвертый поясной шов механизированной сваркой под слоем флюса (рис. 11). Полуавтоматическая сварка выполняется электродной проволокой типа Св-08ГА, Св-10ГА или Св-10Г2.

Оборудование: полуавтомат сварочный ПДГ-508М УЗ, источником питания будет сварочный выпрямитель ВДУ-1202.

Дэл. = 2мм. Исв.=350А. Vсв.=20 м/ч. Iэл=20мм. Uсв=30

10 Сварка 5-го шва бимса

Выполнить пятый поясной шов механизированной сваркой под слоем флюса (рис. 11). Полуавтоматическая сварка выполняется электродной проволокой типа Св-08ГА, Св-10ГА или Св-10Г2.

Оборудование: полуавтомат сварочный ПДГ-508М УЗ, источником питания будет сварочный выпрямитель ВДУ-1202.

Дэл. = 2мм. Исв.=350А. Vсв.=20 м/ч. Iэл=20мм. Uсв=30

11 Сварка 6-го шва бимса

Выполнить шестой поясной шов механизированной сваркой под слоем флюса (рис. 11). Полуавтоматическая сварка выполняется электродной проволокой типа Св-08ГА, Св-10ГА или Св-10Г2.

Оборудование: полуавтомат сварочный ПДГ-508М УЗ, источником питания будет сварочный выпрямитель ВДУ-1202.

Дэл. = 2мм. Исв.=350А. Vсв.=20 м/ч. Iэл=20мм. Uсв=30

12 Сварка 7-го шва бимса

Выполнить седьмой поясной шов механизированной сваркой под слоем флюса (рис. 11). Полуавтоматическая сварка выполняется электродной проволокой типа Св-08ГА, Св-10ГА или Св-10Г2.

Оборудование: полуавтомат сварочный ПДГ-508М УЗ, источником питания будет сварочный выпрямитель ВДУ-1202.

Дэл. = 2мм. Исв.=350А. Vсв.=20 м/ч. Iэл=20мм. Uсв=30

13 Сварка 8-го шва бимса

Выполнить восьмой поясной шов механизированной сваркой под слоем флюса (рис. 11). Полуавтоматическая сварка выполняется электродной проволокой типа Св-08ГА, Св-10ГА или Св-10Г2.

Оборудование: полуавтомат сварочный ПДГ-508М УЗ, источником питания будет сварочный выпрямитель ВДУ-1202.

Дэл. = 2мм. Исв.=350А. Vсв.=20 м/ч. Iэл=20мм. Uсв=30

14 Правка конструкции бимса

Правку конструкции бимса не имеющих ребер жёсткости будет осуществляться в холодном виде на передвижных правильных станках за несколько проходов.

Оборудование и инструменты:

- кран мостовой;
- стропы;
- крючковые захваты;
- станок для правки грибовидности;

15 Контроль качества сварных соединений бимса

«В соответствии со СНиП 111118-75 выявлять внутренние дефекты в рассматриваемых соединениях рекомендуется ионизирующим излучением и УЗ дефектоскопией. Однако эти способы неэффективны вследствие того, что в большинстве случаев ими не удастся выявить наиболее опасные дефекты типа трещин, несплавлений и непроваров в корне шва, поэтому наиболее объективным и оптимальным методом контроля тавровых, угловых и нахлесточных соединений является ультразвуковой» [1].

«Строительные балки относятся к категории ответственных изделий, поэтому для выполнения операции неразрушающего контроля качества протяженных сварных швов возможен выбор рентгенографического или ультразвукового методов контроля. Ультразвуковой метод контроля требует особой подготовки – зачистку зоны контроля. Радиографический способ требует наличия специального помещения» [1].

«Форма детали затрудняет применение радиографического контроля, поэтому используем ультразвуковой метод. Предварительную подготовку поверхности выполним еще перед сваркой, во время механической обработки свариваемых поверхностей под сварку. Сварка под флюсом исключает появление брызг, поэтому остывшее изделие может быть подвержено ультразвуковому контролю после зачистки сварных швов» [1].

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение качества сварных соединений и производительности труда при изготовлении бимсов пассажирского теплохода из стали 10ХСНД.

Предварительный литературных обзор позволил выделить несколько способов изготовления двутавровой балки:

- ручная дуговая сварка штучным электродом;
- полуавтоматическая сварка порошковой проволокой
- полуавтоматическая сварка в среде защитных газов
- автоматическая сварка

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- Разработка проектной технологии изготовления бимса.
- Выявление негативных факторов и рисков, связанных со сваркой бимсов теплохода и разработка мероприятий по их уменьшению.
- Оценка эффективности проектной технологии.

2 Проектная технология изготовления

1 Входной контроль

Лист заготовки должен быть исправлен в холодном состоянии, на поверхности не должно быть каких-либо дефектов и деформаций.

Так же необходим прогиб заготовки 0,25 мм на 1 м длины заготовки. Это необходимо для того, чтобы при попадании воды на палубу корабля вода смогла стечь с неё.

Так же серповидность стенки балки и полук не должен превышать 0.1 мм на 1 метр длины балки.

При входном контроле необходимо использовать следующий инструмент: штангенциркуль, угольник, рулетку.

2 Разметка деталей бимса

Общие требования к разметке должны обязательно осуществляются с приложением 3 Ост5.9324-79.

Разметить заголовку металла будущей бимса так же можно с помощью чертилки и линейки ручным путем.

3 Резка

«Резка деталей с прямолинейными кромками из листов толщиной до 40 мм, как правило, производится на гильотинных ножницах (рис. 10, а). Разрезаемый лист 2 заводится между нижним 1 и верхним 4 ножами до упора 5 и зажимается прижимом 3. Верхний нож, нажимая на лист, производит скалывание. Погрешность размера обычно составляет $\pm (2,0...3,0)$ мм при резке по разметке и $\pm (1,5...2,5)$ мм при резке по упору. Прямой рез со скосом кромки под сварку можно получить, используя специальные ножницы (рис.10, б). При включении гидроцилиндра 1 качающийся ножедержатель 3 поворачивается сначала вокруг оси А, производя прямой рез с помощью ножа 7. Когда упор 2 ноже держателя 3 дойдет до выступа детали 4, они

поворачиваются совместно вокруг оси Б, отводя прижим 5 от регулируемого упора 6. Нож 8 совершает рез на скок» [22].

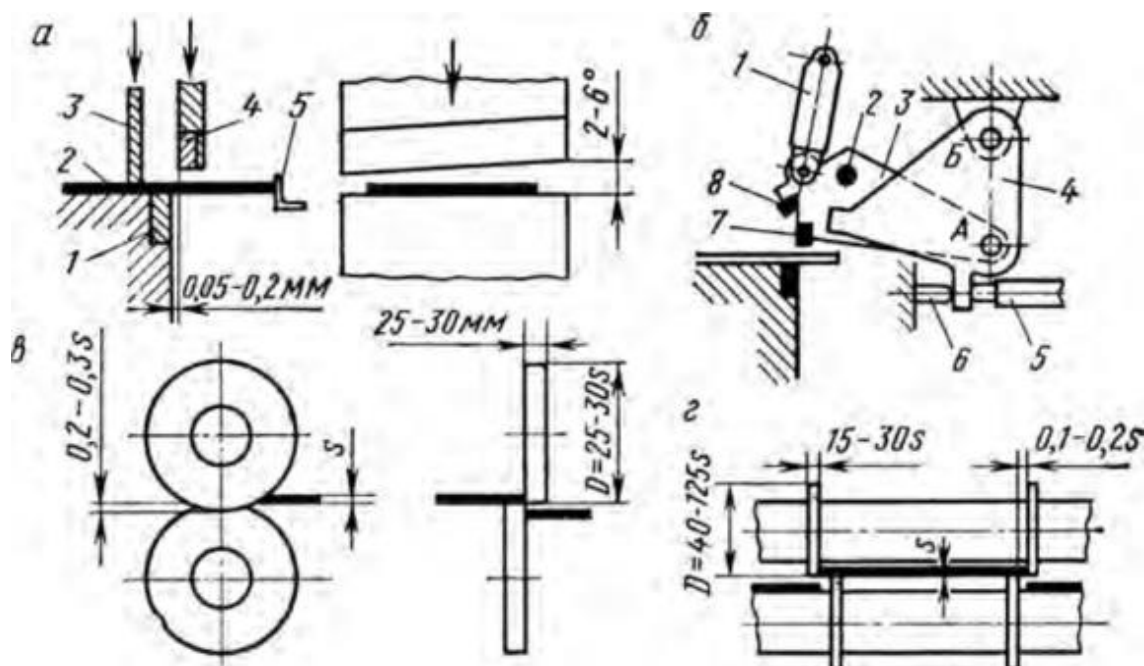


Рисунок 10 – Схема резки металла на ножницах

Время резки на гильотинных ножницах составляет около 2 минут.

Погрешность размера составляет 2-3 мм при резке по разметке.

4 Зачистка место сварки двутавровой балки

Кромки деталей должны быть зачищены перед сваркой от нежелательных инородных скоплений: масла, ржавчины, влаги, так же деталь должна быть окалина до чистого металла. Так же если после сборки деталь загрязнилось, её можно протереть хлопчатобумажной тканью или ветошью [22].

Металл в месте сварки тщательно очищают от ржавчины, пор и других дефектов на ширину 25-30 мм от стыка.

Оборудование: угловая шлифовальная машина Bosch.

5 Сборка бимса

Двутавровая балка состоит из трех основных элементов: стенки и двух полок. Допустимый зазор при сборке не должен превышать 0,1 мм.

В собранном сечении произвести прихватку деталей РДСК = 4 мм

$L_{пр} = 30$ мм, шаг прихватки 250 мм-электродом типа Э-50А, марки УОНИ 13/55, $I_{св}=160$ А, $U_{д}=26$ В;

6 Сварка 1-го шва бимса

Выполнить первый поясной шов автоматической сваркой под слоем флюса согласно госту 8713-79 Т3 тип соединения тавровое [11] (рис. 12). Автоматическая сварки выполняются электродной проволокой типа Св-08ГА, Св-10ГА или Св-10Г2 под флюсом АН-348А или ОСЦ-45.

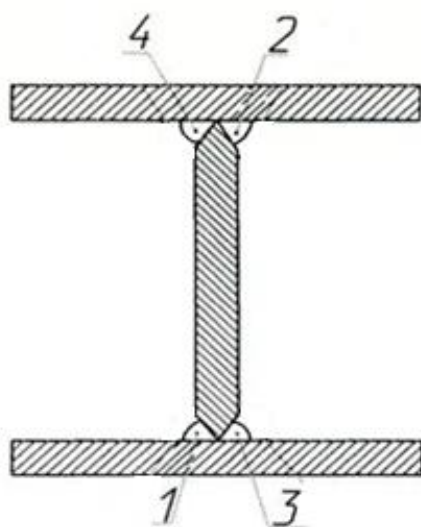


Рисунок 12 – Порядок наложения поясных швов

Оборудование: порталная сварочная установка НЛА, источником питания будет сварочный выпрямитель ВДУ-1202.

$D_{эл.} = 3$ мм. $I_{св.}=350$ А. $V_{св}=25$ м/ч. $I_{эл}=30$ мм. $V_{пн} = 92$ м/ч

7 Зачистка 1-го сварного шва

Зачистку шлаковых включений со сварочных соединений в соответствии с ГОСТом 9.402-2004.

«Сварные швы должны быть очищены от шлака и неплотно прилегающей окалины. Сварные швы после сварки электродами с флюсовым покрытием должны быть очищены от налета флюса и нейтрализованы. Значение рН поверхности, увлажненной дистиллированной водой, должно

быть 5-7,5 рН поверхности контролируют визуально соответствующим индикатором» [4] и согласно системе сварки балок [5].

Инструменты:

- Молоток.
- Зубило.
- Металлическая щетка.
- Машина электрическая с наждачным кругом

Диаметр диска УШМ 115мм, скорость реза 125м/мин.

8 Кантовка балки

Перекантовать балку для выполнения второго поясного шва.

Установить балку в положение в “лодочку”.

Оборудование:

- двухстоечный кантователь.

9 Сварка 2-го шва бимса

Выполнить сварку второго пояса шва двутавровой балки автоматической сваркой под слоем флюса (рис. 12) «Автоматическая сварки выполняются электродной проволокой типа Св-08ГА, Св-10ГА или Св-10Г2 под флюсом АН-348А или ОСЦ-45.

Оборудование: порталная сварочная установка НЛА, источником питания будет сварочный выпрямитель ВДУ-1202.

Дэл. = 3мм. Исв.=350А. Vсв=25 м/ч. Iэл=30мм. V_{nn} = 92 м/ч

10 Зачистка 2-го сварного шва

Зачистку шлаковых включений со сварочных соединений в соответствии с ГОСТом 9.402-2004.

«Сварные швы должны быть очищены от шлака и неплотно прилегающей окалины. Сварные швы после сварки электродами с флюсовым покрытием должны быть очищены от налета флюса и нейтрализованы. Значение рН поверхности, увлажненной дистиллированной водой, должно быть 5-7,5 рН поверхности контролируют визуально соответствующим индикатором» [12].

Инструменты:

– Машина электрическая с наждачным кругом

11 Кантовка балки

Развернуть балку на 180° для выполнения третьего поясного шва.

Установить балку в положение в “лодочку”.

Оборудование:

– двухстоечный кантователь.

12 Сварка 3-го шва бимса

Выполнить сварку третьего пояса шва двутавровой балки автоматической сваркой под слоем флюса (рис. 12). «Автоматическая сварки выполняются электродной проволокой типа Св-08ГА, Св-10ГА или Св-10Г2 под флюсом АН-348А или ОСЦ-45.

Оборудование: порталная сварочная установка НЛА, источником питания будет сварочный выпрямитель ВДУ-1202.

Дэл. = 3мм. Исв.=350А. Vсв=25 м/ч. Iэл=30мм. V_{нп} = 92 м/ч

13 Зачистка 3-го сварного шва

Зачистку шлаковых включений со сварочных соединений в соответствии с ГОСТом 9.402-2004.

«Сварные швы должны быть очищены от шлака и неплотно прилегающей окалины. Сварные швы после сварки электродами с флюсовым покрытием должны быть очищены от налета флюса и нейтрализованы. Значение рН поверхности, увлажненной дистиллированной водой, должно быть 5-7,5 рН поверхности контролируют визуально соответствующим индикатором» [18].

Инструменты:

– Машина электрическая с наждачным кругом

14 Кантовка балки

Перекантовать балку на 180° для выполнения четвертого поясного шва.

Установить балку в положение в “лодочку”.

Оборудование:

– двухстоечный кантователь.

15 Сварка четвертого шва бимса

Выполнить сварку четвертого пояса шва двутавровой балки автоматической сваркой под слоем флюса (рис. 12). Автоматическая сварка выполняется электродной проволокой типа Св-08ГА, Св-10ГА или Св-10Г2 под флюсом АН-348А или ОСЦ-45.

Оборудование: Портальная сварочная установка НЛА, источником питания будет сварочный выпрямитель ВДУ-1202.

Дэл. = 3мм. Исв.=350А. V_{св}=25 м/ч. Iэл=30мм. V_{пн} = 92 м/ч

16 Зачистка 4-го сварного шва

Зачистку шлаковых включений со сварочных соединений в соответствии с ГОСТом 9.402-2004.

«Сварные швы должны быть очищены от шлака и неплотно прилегающей окалины. Сварные швы после сварки электродами с флюсовым покрытием должны быть очищены от налета флюса и нейтрализованы. Значение рН поверхности, увлажненной дистиллированной водой, должно быть 5-7,5 рН поверхности контролируют визуально соответствующим индикатором» [18].

Инструменты:

– Машина электрическая с наждачным кругом

17 Правка конструкции бимса

Правку конструкции бимса не имеющих ребер жёсткости будет осуществляться в холодном виде на передвижных правильных станках за несколько проходов.

Оборудование и инструменты:

– кран мостовой;

– стропы;

– крючковые захваты;

– станок для правки грибовидности;

18 Контроль качества сварных швов бимса

«В соответствии со СНиП 111118–75 выявлять внутренние дефекты в рассматриваемых соединениях рекомендуется ионизирующим излучением и УЗ1 дефектоскопией. Однако эти способы неэффективны вследствие того, что в большинстве случаев ими не удастся выявить наиболее опасные дефекты типа трещин, несплавлений и непроваров в корне шва (рис. 5.139), поэтому наиболее объективным и оптимальным методом контроля тавровых, угловых и нахлесточных соединений является ультразвуковой» [1].

«Строительные балки относятся к категории ответственных изделий, поэтому для выполнения операции неразрушающего контроля качества протяженных сварных швов возможен выбор рентгенографического или ультразвукового методов контроля. Ультразвуковой метод контроля требует особой подготовки – зачистку зоны контроля. Радиографический способ требует наличия специального помещения» [1].

«Форма детали затрудняет применение радиографического контроля, поэтому используем ультразвуковой метод. предварительную подготовку поверхности выполним еще перед сваркой, во время механической обработки свариваемых поверхностей под сварку. Сварка под флюсом исключает появление брызг, поэтому остывшее изделие может быть подвержено ультразвуковому контролю после зачистки сварных швов» [1].

2.1 Выбор способа сварки бимса

Известно, что «сущностью и отличительной особенностью дуговой сварки в защитных газах является защита расплавленного и нагретого до высокой температуры основного и электродного металла от вредного влияния воздуха защитными газами, обеспечивающими физическую изоляцию металла и зоны сварки от контакта с воздухом и заданную атмосферу в зоне сварки. Используют инертные и активные защитные газы. При этом способе в зону дуги подается защитный газ, струя которого, обтекая электрическую дугу и сварочную ванну, предохраняет

расплавленный металл от воздействия атмосферного воздуха, окисления и азотирования» [11,12].

Сварка в защитных газах отличается рядом преимуществ [11]:

- «высокая производительность (в 2-3 раза выше обычной дуговой сварки)» [2];
- «возможность сварки в любых пространственных положениях, хорошая защита зоны сварки от кислорода и азота атмосферы, отсутствие необходимости очистки шва от шлаков и зачистки шва при многослойной сварке» [2];
- «малая зона термического влияния» [2];
- «относительно малые деформации изделий» [2];
- «возможность наблюдения за процессом формирования шва» [2];
- «доступность механизации и автоматизации» [2].

Однако, «недостатками этого способа сварки являются необходимость принятия мер, предотвращающих сдувание струи защитного газа в процессе сварки, применение газовой аппаратуры, а в некоторых случаях и применение относительно дорогих защитных газов» [2]. Требования для сварки в защитных газах высоки и при толщине металла более 4 мм требуется проводить 2-3 прохода для обеспечения достаточного качества шва, что значительно увеличивает производительность изготовления. Значит, данный способ сварки не подходит.

Известно, что «Порошковая проволока, используемая для дуговой сварки – это трубка, где внутренняя часть наполнена металлическим порошком и флюсом. В основу материала входит металлическая лента, обрабатываемая по технологии холодной формовки и заполняемая смесью флюса с порошком. На завершительном этапе производства порошковая проволока растягивается до необходимых параметров» [2].

Порошковая проволока имеет ряд преимуществ:

Проведение сварки в разных положениях;

- Аккуратное перемещение наплавляемого металла благодаря открытой дуге;
- Проведение жесткого контроля химического состава позволяет получать точный состав шлака;
- Отсутствует дополнительное устройство для поступления газа и флюса;
- Специальное покрытие на проволоке устойчиво к высокому давлению от роликов.
- Однако, порошковая проволока имеет ряд недостатков:
- Прочность материала не высока из-за этого требуется автоматическая подача проволоки с ограниченным сжатием подающими роликами
- Вероятность появления пор в сварочном шве (из-за неравномерного заполнения и пустот в пространстве металлической оболочки).

Так как требования к сварочному шву бимса в корпусе пассажирского теплохода высока, появление пор не приемлемо, значит этот метод сварки не подходит.

Исходя из вышперечисленного, в дипломной работе будет выбрана, в целях повышения производительности производства для изготовления бимса корабля, автоматическая сварка под слоем флюса.

«Основные требования при сварке низколегированных сталей – обеспечение равно прочности сварного соединения основному металлу, отсутствие дефектов, требуемая форма сварного шва, производительность и экономичность. Следует учитывать, что при содержании в стали углерода более 0,25 % возможно образование закалочных структур и даже трещин в зоне сварного шва. Кроме того, выгорание углерода вызывает образование пор в металле шва» [18].

Исходя из конструкции сварной балки, очевидно, что швы изделия имеют большую протяженность, и поэтому при сварке, наиболее

целесообразно использовать высоко механизированные и автоматизированные способы сварки.

«На выбор способа сварки влияет также свариваемость стали, в нашем случае ограничений по свариваемости нет. Из механизированных способов можно рассмотреть сварку в защитном газе и под слоем флюса. Сварка в защитном газе удобна при многослойных или многопроходных швах. Сварка под слоем флюса по сравнению со сваркой в защитном газе характеризуется более высокой производительностью лишь при условии выполнения 1-2-х проходных швов [2]. Многопроходные сварные швы требуют дополнительных трудовых затрат и на зачистку сварного шва от шлака. Катет сварного шва рассматриваемой конструкции – 8 мм, отсюда поперечное сечение наплавленного металла углового шва составит, как минимум, 75 мм². Способ сварки под флюсом, за счет надежной защиты зоны сварки и стабильности процесса, уверенно обеспечит получение сварного шва заданного катета с высоким качеством за один проход» [2],[6]. При сварке в среде защитных газов необходимо несколько проходов для обеспечения хорошего качества шва. Так же недостатком, является то, что появляется необходимость периодически менять электрод, а это замедляет процесс сварки, и появляются потери электродного металла [15]

Работы [23]-[24],[27] говорят о совершенствовании сварки в защитных газах, и их анализ позволяет сделать вывод, что для благоприятного формирования металла сварочного шва, необходимо использовать процесс переноса металла, то есть переноса металла шва в сварочную ванну.

Автоматическую сварку под флюсом используется за счет следующих преимуществ:

– «Высокая производительность, превышающая ручную сварку в 5–10 раз. Она обеспечивается применением больших токов, более концентрированным и полным использованием теплоты в закрытой зоне дуги, снижением трудоемкости за счет автоматизации процесса сварки» [18].

– «Высокое качество сварного шва вследствие защиты металла сварочной ванны расплавленным шлаком от кислорода и азота воздуха, легирования металла шва, увеличения плотности металла при медленном охлаждении под слоем застывшего шлака» [18].

– «Экономия электродного металла при значительном снижении потерь на угар, разбрызгивание металла и огарки. При ручной сварке эти потери достигают 20–30 %, в то время как при автоматической сварке под флюсом они не превышают 2–5 %» [18].

– «Экономия электроэнергии за счет более полного использования теплоты дуги по сравнению с ручной сваркой. Затраты электроэнергии при автоматической сварке уменьшаются на 30–40 %. Кроме того, при автоматической сварке условия труда значительно лучше, чем при ручной сварке: дуга закрыта слоем шлака и флюса, выделение вредных газов и пыли значительно снижено, поэтому нет необходимости в защите зрения и лица сварщика от воздействия излучений дуги, а для вытяжки газов достаточно естественной вытяжной вентиляции» [18]. «Но автоматическая под слоем флюса сварка имеет и свои недостатки. Это, прежде всего, ограниченная маневренность сварочных автоматов и производство сварки главным образом в нижнем положении» [18]. Так же необходимо проводить помимо основных и дополнительные операции: удаление флюса, который не используется, а также обрабатывать торцы изделия после сварки». Так же благодаря флюсу отсутствует разбрызгивание жидкого металла и не нарушается формирование сварочного шва при высоких показателях сварочного тока, что дает уменьшить расход на электродную проволоку и электроэнергию.

С учетом всего вышеперечисленного в данной работе будет выбран автоматический способ сварки под слоем флюса.

2.2 Выбор сварочных материалов

Основное условие при выборе сварочных материалов – это чтобы металл шва при сварке получился со свойствами (жаропрочность, коррозионная стойкость) не уступающими основному металлу.

«Так как химический состав металла шва тесно связан с химической активностью флюса и составом сварочной проволоки, флюс для сварки различных марок углеродистой и низколегированной стали и марку проволоки выбирают одновременно, т.е. выбирают систему флюс-проволока. Для предупреждения образования в швах пор металл должен содержать не менее 0,2-0,4% кремния» [13].

Выбираем сварочную проволоку СВ-08А. По ГОСТ 2246-70 химический состав проволоки указан в таблице 4.

Таблица 4 – Химический состав проволоки Св-08А, в %.

Углерод, С	Кремний, Si	Марганец, Mg	Хром, Cr	Никель, Ni	Сера, S	Фосфор, P
До 0,10	До 0,3	От 0,35 до 0,60	До 0,12	До 0,25	До 0,03	До 0,03

При сварке низколегированных сталей проволокой Св-08А рекомендуется использовать наиболее распространённые флюсы ОСЦ-45 и АН-348А.

Флюс АН-348А используется при механизированной сварке и наплавке деталей из низколегированных сталей, при использовании проволоки марки Св-08 и Св-08ГА. Так же при содержании оксида железа (Fe_2O_3) в флюсе, в пределах 2-2,5%, такой флюс рекомендуется использовать при сварке марганце и кремне-содержащих проволок. Так же существуют флюсы аналога АН-348А, которые выделяют меньше вредных газов при сварке и с меньшей устойчивости к ржавчине. Химический состав флюса указан в таблице 5. в % по ГОСТ 9087-69.

Таблица 5 – Химический состав флюса АН-348А, %.

SiO ₂	MnO	CaF ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	S	P
							Не более	
От 40,0 До 44,0	От 31,0 До 38,0	От 4,0 до 5,5	До 12	До 7	До 6	До 2,0	0,15	0,12

Флюс ОСЦ-45 так же, как и АН-348А используется при механизированной сварке деталей из низколегированных сталей, но с более устойчивым горением дуги.

Флюс ОСЦ-45 имеет зерновидное строение зерен с размерами от 0,25 до 3,0 мм. Этот флюс имеет ряд положительных особенностей такие как: устойчивость к ржавчине по сравнению с АН-348А, плотность швов, что дает меньшую вероятность образования трещин и пор. Так же флюс ОСЦ-45 по сравнению с АН-348А может быть с меньшим количеством оксида кремния (SiO₂), но с большим количеством оксида марганца (MnO), так же имеет большее количество фосфора. Химический состав флюса ОСЦ-45 по ГОСТ 9087-81 указан в таблице 6.

Таблица 6 – Химический состав флюса ОСЦ-45, %.

SiO ₂	MnO	CaF ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	S	P
							Не более	
От 37,0 До 44,0	От 37,0 До 44,0	От 4,0 до 5,5	До 10	До 3	До 6	До 2,0	0,15	0,14

Недостатками флюсов ОСЦ-45 и АН-348А является то, что при сварке выделяется фтористый газ, который вреден для здоровья человека.

Вывод: учитывая то, что флюс ОСЦ-45 более вреден чем АН-348А, он дает более плотные, стойкие швы, против образования горячих трещин, так как меньше чувствителен к ржавчине, что важно при производстве двутавровых балок, мы выберем флюс ОСЦ-45.

2.3 Расчет режимов сварки

Для расчетов режимов сварки низколегированных сталей будут использоваться формулы из методического указания «Расчет основных параметров режима механизированной дуговой сварки плавящимся электродом» составителем Р.Ф. Катаевым [19], а также рекомендуемым параметрам [25]

Во время механизированной дуговой сварки угловые швы свариваются электродом в вертикальном положении, двутавровая балка находится в положении “лодочки” на рисунке 2.10.

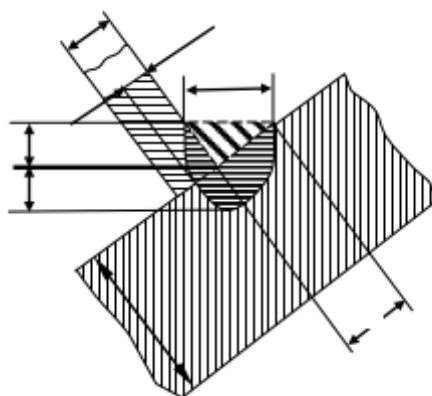


Рисунок 13 – Геометрические размеры шва

Все типы, конструкционные элементы и размеры использованы согласно рекомендациям ГОСТ 8713-79. По ГОСТ, учитывая наши параметры: толщину металла, вид соединения, горизонтальное расположение детали был выбран тип сварочного соединения ТЗ без разделки кромок.

При сварке под слоем флюса используется сварочная проволока диаметрами от 2 до 6 мм, которые изготавливаются по ГОСТ 2246-70.

Перед расчетами режимов сварки нужно определить катет сварочного шва имея размеры: толщина полки балки – 11 мм, толщина стенки балки – 8 мм. Катет сварочного шва будет равен наименьшему размеру детали: $K=8$ мм. Выбираем глубину проплавления 4 мм. Ориентировочно возьмем $d_э=3$ мм электродной проволоки из таблицы 2 [13].

Допускаемая плотность тока основывается на выборе диаметра электродной проволоки по формуле (1.1).

$$I_{CB} = \frac{h_p}{k_h} \cdot 100, \text{ А} \quad (7)$$

где h_p - глубина проплавления;

K_h - коэффициент пропорциональности, при марке флюса ОСЦ-45, при переменном токе и диаметром электрода 3 мм, $K_h=1,05$

Диаметр электрода:

$$d_э = 1,13 \sqrt{\frac{I_{CB}}{j}} \quad (8)$$

где j – допускаемая плотность тока в электроде, А, мм².

$$d_э = 1,13 \sqrt{\frac{350}{50}} = 3, \text{ мм}$$

Уточняем плотность тока:

$$j = \frac{4 \cdot 350}{3,14 \cdot 3^2} = 49,9 \text{ А/мм}^2 \quad (9)$$

Напряжение на дуге:

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_э^2}, \text{ А/мм}^2 \quad (10)$$

$$j = \frac{4 \cdot 350}{3,14 \cdot 3^2} = 49,9 \text{ А/мм}^2$$

Напряжение на дуге:

$$U_g = 20 + \frac{0,05 \cdot I_{CB}}{\sqrt{d_э}}, \text{ В} \quad (11)$$

$$U_g = 20 + \frac{0,05 \cdot 350}{\sqrt{3}} = 30,1 \pm 1, \text{ В}$$

Вылет электрода:

$$l_{эл} = 10 \cdot d_э, \text{ мм} \quad (12)$$

$$l_{эл} = 10 \cdot 3 = 30 \text{ мм};$$

При сварке на постоянном токе коэффициент расплавления α_p , рассчитывается по формуле:

$$\alpha_p = 6,3 + \frac{70,2 \cdot 10^{-3}}{3^{1,035}} \cdot 350 = 14,18 \quad (13)$$

Скорость сварки:

$$V_{CB} = \frac{\alpha_p \cdot I_{CB} \cdot 10^3}{\gamma \cdot F_H} \text{ м/ч ;} \quad (14)$$

Принимаем скорость сварки – 20 м/ч

Оценка швов углового шва

Значение сварочного тока, которое указывает на возможность получение плоских швов при сварке - критическое значение.

$$I_{кр} = I_0 + mV_{CB}, \text{ А} \quad (15)$$

где I_0 – условное значение тока при нулевой скорости, равное 350 А;

m – коэффициент зависящий от диаметра электродной проволоки, А·ч/м, $m = 10$ А ч/м

Так как $I_{кр} > I_{CB}$, то шов будет вогнутый.

Площадь наплавленного металла:

$$F_H = \frac{k^2}{2} + (q \cdot e \cdot 0,73), \text{ мм}^2 \quad (16)$$

где q - выпуклость сварочного шва по ГОСТ 8713-79, мм;

e - ширина сварочного шва, мм.

$$F_H = \frac{8^2}{2} + (1,5 \cdot 8 \cdot 0,73) = 32 \text{ мм}^2$$

Основные размеры шва при сварке с рассчитанными режимами

Погонная энергия сварки рассчитывается по формуле:

$$q_n = \frac{(36 \cdot I_{CB} \cdot U_g \cdot \eta_3)}{V_{CB}}, \quad (17)$$

где η_3 – эффективный КПД нагрева изделия дугой.

$\eta_3 = 0,85$ (при сварке под флюсом)

$$q_n = \frac{(36 \cdot 350 \cdot 30,1 \cdot 0,85)}{16} = 20148$$

Коэффициент формы проплавления

$$\varphi_{\text{пр}} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{\text{св}}) \frac{d_{\text{э}} U_{\text{д}}}{I_{\text{св}}} \quad (18)$$

где K' – коэффициент, который при плотности тока $j < 120 \text{ А/мм}^2$ и при сварке на постоянном токе обратной полярности равен:

$$K' = 0,367 \cdot j^{0,1925} \quad (19)$$

$$K' = 0,367 \cdot 45^{0,1925} = 0,76$$

$$\varphi_{\text{пр}} = 0,76 \cdot (19 - 0,01 \cdot 350) \cdot \frac{3 \cdot 30,1}{350} = 3,04$$

Определяем глубину проплавления при сварке под флюсом:

$$h'_p = 0,076 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\varphi_{\text{пр}}}}, \text{ мм} \quad (20)$$

$$h'_p = 0,076 \cdot \sqrt{\frac{20148}{3,04}} = 5,53 \text{ мм}$$

Рассчитываем ширину шва при полученных режимах сварки:

$$e = k'_p \cdot \varphi_{\text{пр}}, \text{ мм} \quad (21)$$

$$e = 6,19 \cdot 3,04 = 16,82 \text{ мм}$$

Так как заданная ширина сварочного шва – 8 мм, а расчетная составила 12.62 мм, следовательно, подрезов не будет.

Высота усилия

$$q' = \frac{1,375 \cdot F'_{\text{н}}}{e'}, \text{ мм} \quad (22)$$

$$q' = \frac{1,375 \cdot 40,76(32)}{12,62(16,82)} = 2,61 \text{ мм}$$

общая высота шва:

$$H = h'_p + q', \text{ мм} \quad (23)$$

$$H = 16,82 + 2,61 = 19,43 \text{ мм}$$

Глубина проплавления притупления h_0 :

$$h_0 = H - f - q, \text{ мм} \quad (24)$$

где f – высота наплавленного металла, мм

$$f = \sqrt{F_H} \text{ (при угле разделки } 90^\circ) \quad (25)$$

$$f = \sqrt{32} = 5,65 \text{ мм;}$$

$$h_0 = 19,43 - 5,65 - 2,61 = 11,17 \text{ мм;}$$

Глубина проплавления вертикальной стенки S_b , мм:

Коэффициент формы углового шва:

$$\varphi = \frac{e}{H} \leq 2 \quad (26)$$

$$\varphi = \frac{12,62}{17,02} = 0,74 \leq 2;$$

Скорость подачи электродной проволоки:

$$V_{nn} = \frac{V_{св} \cdot F_H \cdot (1 + 0,01\psi) \cdot 4}{\pi \cdot d^2_{э}}, \text{ м/ч} \quad (27)$$

$$V_{nn} = \frac{16 \cdot 40,76 \cdot 4}{3,14 \cdot 9} = 92,31 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{nn} = 92$ м/ч. При всех полученных расчетных данных сварной шов будет иметь геометрические размеры, указанные на рисунке 14.

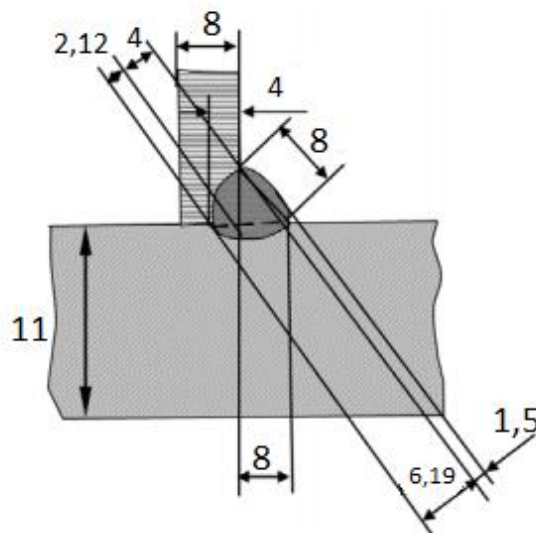


Рисунок 14 - Геометрические размеры сварного шва, мм

2.4 Выбор сварочного оборудования и приспособления сварки

2.4.1 Оборудование для зачистки кромок

Перед изготовлением сварных конструкций, металл необходимо зачистить. Операция очистки сварочных кромок выполняется до сборки деталей. Металл очищают в месте будущего сварочного шва от различных дефектов, пор, ржавчин на ширину 25 мм от стыка. Самое важное место, которому стоит уделить – это зазор между кромками.

При попадании в зазор различных загрязнений, его прожигают горелкой или просто сдувают сжатым воздухом. В данной работе предлагается использовать углошлифовальную машину BOSCHGWS 750-125, представленный на рисунке 17, с шлифовальным кругом 125-2-22. Зачистке подлежит место длиной 20 мм до чистого металла.



Рисунок17 – Углошлифовальная машина BOSCHGWS 750-125

Так же маска из органического стекла Jeta Safety JSG18 защищает не только глаза, но и лицо от быстролетающих частиц. Техническая характеристика электрошлифовальной машины представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики углошлифовальной машины

Параметры	Значения характеристик
Мощность	380 Вт
Потребляемая мощность	750 Вт
Уровень шума	102 дБ
Диаметр шлифовального круга	125 мм
Число оборотов	11000 об/мин

Вес	1.8 кг
-----	--------

2.4.2 Обработка швов после сварки

После сварки так же необходимо зачищать сварочный шов от шлаковых включений с дальнейшим осмотром.

Сварочные швы очищаются углошлифовальной машиной BOSCHGWS 750-125с шлифовальным кругом 125-2-22. Маска из органического стекла Jeta Safety JSG18.

2.4.3 Оборудование для резки листового проката

Для резки листового металла рекомендуется использовать станок ЧПУ с гильотинными (числовое программное управление). Abamet AMG-166, представленный на рисунке 18, имеет востребованный вид резки металла. ЧПУ обладает высокими характеристиками: высокая точность изготовления, высокая надежность и работоспособность, более точные значения представлены в таблице 8.



Рисунок 18 – Машина гидравлической резки Abamet AMG-166

Таблица 8 – Технические характеристики машины гидравлической резки Abamet AMG-166

Показатель	Значение характеристик
ширина, мм	7300
глубина, мм	3000
Количество резов, 1/мин	5-9
Максимальная длина реза	6500
Привод	гидравлический
Максимальная толщина реза, мм	16
количество прижимов листа, шт	27
Мощность главного привода, кВт	37

2.4.4 Сборочные и сварочные установки

Сборку двутавровой балки рекомендуется осуществлять на стане Z15. Стан Z15 специально предназначен для сборки тавровых (Т-образных) и двутавровых (Н-образных) балок. Уникальность этого оборудования заключается в его высокой производительности и простоте управления. Штрипсы укладываются с помощью крана и фиксируются с помощью 3 наборов зажимов. После фиксации можно производить центрирование и гидравлическое обжатие заготовки – эти процессы контролируются с помощью пульта управления.

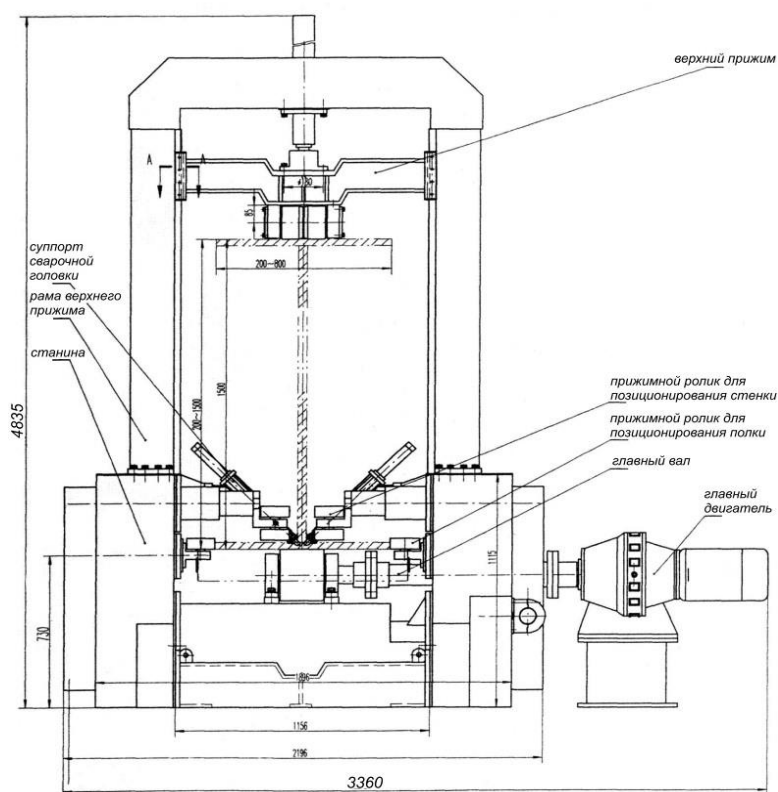


Рисунок 19 – Схема сборочного стана Z15

Установка для сварки

Главная задача сварочной установки – это обеспечение перемещение сварочного самоходного автомата вдоль свариваемого соединения по рельсовому пути, так же обеспечить сварочное положение и его сохранение. В этих целях подходит порталная сварочная установка ЛНА.

Установка ЛНА предназначена для автоматизированной дуговой сварки под слоем флюса одно и двутавровых балок.

Конструкция установки:

Портал – П-образная конструкция, на которой смонтирована 2 комплекта сварочных головок LincolnElectric: сварочная головка NA-3, источник питания ВДУ-1202, механизм рециркуляции флюса, пульт управления и механизмы подачи проволоки. Перемещение осуществляется с помощью двух электродвигателей на червячном редукторе.

Портальная сварочная установка может быть установлена на одной линии с станом для сборки балки серии Z15 и станком для правки грибовидности НУJ 800.

Сварочная головка LincolnElectric дает высокую точность направления электрода вдоль оси шва, что очень важно при сварке сварочных швов большой длины, так как могут возникать сварочные деформации в процессе сварки. Так же наличие четырех швов вызывает необходимость в кантовке изделия после каждого положения шва.

Учитывая все вышеперечисленное, можно сделать вывод, что принятая схема сварочной установке полностью удовлетворяет и устраняет трудности, которые могут возникнуть при сварке.

Стенд для правки грибовидностей

При сварке двутавровой балки неизбежно возникает изгиб полок из-за термического нагрева. Чтобы исправить “грибовидность” нужно выполнить перегиб в обратную сторону, для этой функции предназначен прокатный стан с правильными роликами НУL-800 на рисунке 20.



Рисунок 20 – Прокатный стан для правки

2.4.5 Вывод по разделу проектная технология изготовления

В ходе анализа способов сварки был выявлен оптимальный способ сварки для проектного процесса изготовления бимса. Были выбраны сварочные материалы и рассчитаны режимы сварки согласно выбранному способу сварки.

3 Безопасность и экологичность проекта

В данном разделе выполнен анализ опасных и вредных производственных факторов, имеющих место в проектной технологии, произведена оценка её безопасности и сделаны выводы о возможности внедрения данной технологии в производство.

3.1 Характеристика рассматриваемого технического объекта

Таблица 9 – Технологический паспорт объекта

Наименование операций проектного процесса	Должность производственного персонала	Технические устройства, требуемые для осуществления тех процесса	Вспомогательные материалы
1. Входной контроль	Дефектоскопист	Штангенциркуль, лупа, рулетка, угольник	Перчатки
2. Разметка деталей бимса	Слесарь-резчик	Металлическая линейка, маркер по металлу ПТК	Перчатки
3. Резка	Слесарь-резчик	Гильотинные ножницы	Перчатки
4. Зачистка кромок	Слесарь	Угловая шлифовальная машина	Перчатки
5. сборка	Слесарь-сборщик	Стан для сборки	Перчатки
7. Сварка	Сварщик	Сварочный автомат, источник питания	Перчатки, сварочная проволока, сварочный флюс
8. Контроль качества	Дефектоскопист	Дефектоскоп	

3.2. Риски принятых технических решений

Таблица 10 – Идентификация возможных рисков

Процессы проектной технологии	Негативный фактор, угрожающий здоровью и жизни	Источники негативного фактора
-------------------------------	--	-------------------------------

Продолжение таблицы 10

1. Входной контроль	<ul style="list-style-type: none"> – острые кромки, шероховатость поверхности заготовки – подвижные части производственного оборудования; – запыленность воздуха рабочего места; 	Острые кромки, заготовки
2. Разметка деталей бимса	<ul style="list-style-type: none"> – острые кромки, шероховатость поверхности заготовки – подвижные части производственного оборудования; – запыленность воздуха рабочего места; 	Острые кромки, угольник, линейка
3.Резка	<ul style="list-style-type: none"> – острые кромки, шероховатость поверхности заготовки – подвижные части производственного оборудования; – запыленность воздуха рабочего места; 	Гильотинные ножницы
4. Зачистка кромок	<ul style="list-style-type: none"> – острые кромки, шероховатость, 	Угловая шлифовальная машина
5. Сборка	<ul style="list-style-type: none"> – острые кромки, шероховатость поверхности заготовки – подвижные части производственного оборудования; – запыленность воздуха рабочего места; – повышения напряжения электрической цепи; 	Сборочный стан

Продолжение таблицы 10

6. Сварка	<ul style="list-style-type: none"> – острые кромки, шероховатость поверхности заготовки – подвижные части производственного оборудования; – запыленность воздуха рабочего места; – повышения напряжения электрической цепи; – тепловое и ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне превышающие безопасные параметры; – повышенная температура оборудования и материалов; 	Сварочный автомат, источник питания
7. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> – острые кромки, шероховатость на оборудовании, заготовках, инструментах; – повышенная запыленность рабочего места; – повышенное ультразвуковое излучение в рабочей зоне 	Дефектоскоп

3.3 Методика и средства снижения эксплуатационных рисков

Таблица 11 – Методы и средства снижения опасных и вредных факторов, действующих в производстве

Негативные факторы и риски, представляющие угрозу здоровью	Организационные средства и методы, снижающие вредные факторы	Индивидуальные средства защиты от негативных факторов
– Острые кромки, шероховатость на поверхности изделий и заготовок;	– Инструктаж персонала, настенные надписи, плакаты (сообщающие о возможной опасности)	Спецодежда
– Подвижные части производственного оборудования	– Настенные надписи, плакаты – Ограждение рабочей зоны	Спецодежда

Продолжение таблицы 11

– Запыленность воздуха рабочей зоны	Система вентиляции, удаляющих загрязненный воздух и поставляющий чистых извне	Средства защиты дыхательных путей
– Повышенное напряжение электрической цепи	Заземления оборудования и их периодический контроль	Спецодежда
– Повышенная температура оборудования и материалов	Система вентиляции	Спецодежда
– Повышенное ультрафиолетовое и инфракрасное излучение	Экранные щиты в местах сварки	Спецодежда
– Повышенное ультразвуковое излучение в рабочей зоне	Настенные плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и ограничение времени пребывания в этой зоне	–

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Пожарная безопасность необходима для обеспечения защиты от пожара работников предприятия и сохранения имущества предприятия. В соответствии классификации пожаров по виду горящего материала и производственных обстоятельств на предприятии возможен пожар класса Е: горение материалов и веществ под напряжением электрического тока.

Был выполнен анализ опасных факторов таблица 12 и приведена ведомость доступных пожарных средств в таблице 13.

Таблица 12 – Анализ опасных факторов пожара участков сварки

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Основные опасные факторы пожара	Вторичные опасные факторы пожара

Продолжение таблицы 12

Участок сборки и сварки бимса	Сборочный стан, источник тока сварочной дуги, сварочный автомат, машина шлифовальная, дефектоскоп	Пожары, происходящие из-за воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановке под электрическим напряжением (Е)	Выделение угарного газа и токсичных материалов, снижающие видимость сварки на участке и вокруг зоны сварки	короткое замыкание оборудования
-------------------------------	---	---	--	---------------------------------

Таблица 13 – Ведомость технических средств

Первичные этапы пожаротушения	мобильность средств пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасение людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещения
переносные емкости с песком, асбестовое полотно	вызывные пожарные автомобили, расчёты	нет необходимости	пожарные шкафы с огнетушителями	план эвакуации	пожарный лом, топоры	кнопка оповещения

Так же проведем перечень мероприятий для полной защиты производственного участка в таблице 14

Таблица 14 – Организационные мероприятия

Наименование участка	Перечень мероприятий	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Сварка бимса	Инструктаж сотрудников производственного участка по проведению действий во время возгорания и нормативные действия по его не допущению	На участке необходимо установить средства первичного пожара тушения

3.5 Оценка безопасности предлагаемого технического процесса

Таблица 15 – Анализ влияющих на природную среду факторов

Технический	операции	Факторы,	Факторы,	Факторы,
-------------	----------	----------	----------	----------

процесс	технического процесса	негативно влияющие на атмосферу	негативно влияющие на гидросферу	негативно влияющие на литосферу
Сборка и сварка бимса	Сборочная операция, сварка швов, подготовительные и контрольные операции	Выделения во время процесса горения дуги газообразных частиц	Химикаты, используемые во флюсе и во время проявления рентгеновской пленки	Производственный и бытовой мусор, остатки присадочных материалов.

Таблица 16 – Предлагаемые мероприятия по устранению или уменьшению негативно влияющих факторов на природную среду

Наименования предлагаемого решения	Описание предлагаемого решения
Мероприятия по уменьшению или устранению факторов, влияющих на воздушную среду	Установка вентиляции, улавливающие продукты выделяющие при горении дуги вовремя сварки
Мероприятия по уменьшению или устранению факторов, влияющих на водную среду	Периодический контроль за неисправностями гидросистемой приспособлений кантователя и незамедлительное его устранение
Мероприятия по уменьшению или устранению факторов, влияющих на литосферу	Установка на участке емкости для хранения и утилизации производственных отходов, а также проведения инструктажей о обязательности складирования эти отходов

3.6 Заключение по разделу безопасность и экологичность проекта

В рамках выполненного раздела выпускной квалификационной работы выполнялось выявление негативных факторов, сопровождающих предлагаемые технические решения, с их оценкой.

Были выбраны меры по устранению или уменьшению опасных и вредных производственных факторов, которые достигают требования уровня безопасности в условиях проектного технологического процесса.

4. Экономическая эффективность

Главная цель экономического расчета – это обоснование рациональности замены способа механизированной сварки в среде защитного газа на автоматическую сварку под флюсом бимса пассажирского теплохода.

Составляем таблицу достоинств и недостатков механизированной сварки в среде защитного газа (базового варианта) и автоматической сварки под слоем флюса (проектного варианта).

Таблица 17 – Достоинства и недостатки базового и проектного варианта

Базовый вариант	Проектный вариант
Из-за большой протяжённости двутавровых балок (от 4метров) для выполнение должного качества и точности сварочных соединений при сварке в защитных газах, требуется специалист высокого разряда 5-6 разряда.	Требование к автоматической сварке под слоем флюса не так высоки, автоматический процесс сварки более стабилен, менее зависим от человеческого фактора, по сравнению со сваркой в защитных газах, 3 разряд.
Требуется предпринять защитные меры против теплового и светового излучения дуги.	Не требуются защитные меры против светового излучения.
Относительно высоких расход электроэнергии и материалов, по сравнению с автоматической сваркой под слоем флюса	Меньший расход на электроэнергию и материал.

4.1 Расчет нормы штучного времени на выполняемые операции

$$t_{шт} = t_{n-з} + t_o + t_v + t_{отл} + t_{обсл} \quad (28)$$

Из полученных расчетных данных составляем таблицу трудоемкости операций

Таблица 18- Базовый технологический процесс

Операция	t_o	t_v	$t_{отл}$	$t_{обсл}$	$t_{шт}$
сборочная	Длительность сборочных работ не изменяется				
Сварочная(бз)	115,2	28,8	5,76	9,216	159
контрольная	Длительность контрольных работ не изменяется				
Итого	115,2	28,8	5,76	9,216	159

Таблица 19- Проектный технологический процесс

Операция	t_n	t_o	t_v	$t_{отл}$	$t_{обсл}$	$t_{шт}$
заготовительная	—	2	0,5	0,1	0,16-	2,76
сборочная	длительность сборочных операций не изменяется					
Сварочная(пр)	—	57,6	14,4	2,88	4,608	79,5
контрольная	длительность контрольных операций не изменяется					
Итого	—	59,6	14,9	2,98	4,768	82,26

$$t_{шт(баз)} = 159 \text{ мин}$$

$$t_{шт(пр)} = 82,26 \text{ мин}$$

В данной работе будут рассчитаны только те операции, которые изменяют длительность выполнения работ.

Так как вспомогательное время t_0 отсутствует, оно будет рассчитано по формуле для автоматической сварки под слоем флюса:

$$t_0 = \frac{60 \cdot L_{ш}}{V_{св}} \quad (29)$$

где – заданная скорость сварки, м/час;

$$t_{o(бз)} = \frac{60 \cdot 48}{25} = \frac{1440}{25} = 115,2$$

$$t_{o(пр)} = \frac{60 \cdot 24}{25} = \frac{57,6}{60} = 57,6$$

4.2 Капитальные вложения в оборудование

4.2.1 Общие капитальные вложения в оборудование

Общий коэффициент:

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{соп} \quad (30)$$

где $K_{пр}$ – прямые капельные вложения

$K_{соп}$ – сопутствующие капитальные вложения

$$K_{баз.общ} = 498000 + 830000 = 1328000$$

$$K_{пр.общ} = 497200 + 1509550 = 2006750$$

Прямые капитальные вложения рассчитываются по *двум* сравниваемым вариантам:

$$K_{\text{пр}} = \sum C_{\text{об}} \cdot K_3 \quad (31)$$

$$K_{\text{баз.пр}} = 2075000 \cdot 0,24 = 498000$$

$$K_{\text{пр.пр}} = 3550000 \cdot 0,14 = 497200$$

где $\sum C_{\text{об}}$ – суммарная цена оборудования, руб.;

K_3 – коэффициент загрузки оборудования.

Суммарную цену оборудования заполним в виде таблицы 20

Таблица 20 Анализ стоимости используемого оборудования

Наименование оборудования	Первоначальная стоимость единицы оборудования, руб.			
	базовый		проектный	
	Количество	стоимость	Количество	стоимость
Кран мостовой	1	190.000	1	190.000
Полуавтомат ПДГ - 508М	1	35000	1	80.000
Сварочная установка ЛНА	–	–	1	1500000
Сборочный стан Z15	1	1.000.000	1	1.000.000
Кантователь	–	–	2	80.000
Станок для правки грибовидностей НУJ 800	1	700.000	1	700.000
Итого	4	2075000	7	3550000

Рассчитываем количество единиц оборудования, которое необходимо для выполнения принятой производственной программы:

$$N_{\text{об.расч}} = \frac{N_{\text{пр}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 60} \quad (32)$$

где: $N_{\text{пр}}$ – программа выпуска, шт.;

$t_{\text{шт}}$ – время изготовления одного изделия, мин.;

$\Phi_{\text{эф}}$ – эффективный фонд времени работы сварочного оборудования, час.

Для выполнения производственной программы $N_{пр} = 3000$ штук в год принимаем целое число единиц оборудования. Округляем до ближайшего целого числа.

$$\text{Для базового варианта } n_{\text{об.расч}} = \frac{3000 \cdot 159}{3790 \cdot 60} = 2,097 \approx 2,0$$

$$\text{Для проектного варианта } n_{\text{об.расч}} = \frac{3000 \cdot 82,26}{3790 \cdot 60} = 1,085 \approx 1,0$$

Расчеты показали, что в базовом варианте для выполнения производственной программы по изготовлению бимса, необходимы две единицы оборудования (два рабочих места), в проектном варианте достаточно одной единицы оборудования (одно рабочее место).

Коэффициент загрузки рассчитывается по формуле:

$$k_3 = \frac{n_{\text{об.расч}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (33)$$

$$\text{В базовом варианте коэффициент загрузки будет: } k_3 = \frac{2}{2,097} = 0,95$$

$$\text{В проектном варианте коэффициент загрузки будет: } k_3 = \frac{1}{1,085} = 0,92$$

Фонд времени работы оборудования:

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{пр}) * T_{см} * S * (1 - k_{р.п}) \quad (4.2.1.5)$$

где: D_k – количество рабочих дней в году;

$D_{вых}$ количество праздничных дней;

$T_{пр}$ время рабочей смены, час;

S – количество рабочих мест;

$k_{р.п}$ – потери времени работы оборудования (0,06)

$$\Phi_{эф} = (365 - 61 - 52) * 8 * 2 * (1 - 0,06) = 3790$$

Сопутствующие капитальные вложения:

$$K_{соп} = K_{монт} + K_{дем} + K_{площ} \quad (34)$$

где $K_{монт}$ – коэффициент затраты на монтаж оборудования(нового);

$K_{дем}$ – коэффициент затраты на демонтаж оборудования (старого);

$K_{площ}$ – затраты на производственные площади под **новое** оборудование.

$K_{соп}$ будет рассчитываться только для проектного варианта.

$$K_{бз.соп} = 415000 + 415000 + 0 = 830000$$

$$K_{пр.соп} = 710000 + 710000 + 89550 = 1509550$$

$$K_{монт} = \Sigma Ц_{об} \cdot k_{монт} \quad (35)$$

$$K_{бз.монт} = 3550000 \cdot 0.2 = 710000$$

$$K_{пр.монт} = 2280000 \cdot 0.2 = 456000$$

где – коэффициент монтажа оборудования = 0,2.

$$K_{дем} = \Sigma Ц_{об} \cdot k_{дем} \quad (36)$$

$$K_{бз.дем} = 3550000 \cdot 0.2 = 710000$$

$$K_{пр.дем} = 2280000 \cdot 0.2 = 456000$$

где – коэффициент демонтажа оборудования = 0,2.

Затраты на площадь, дополнительно занимаемую под новое оборудование, рассчитываем по формуле:

$$K_{площ} = S_{площ} \cdot Ц_{площ} \cdot g \cdot k_z \quad (37)$$

где: g – коэффициент, учитывающий проходы и проезды = 3.

$$K_{бз.площ} = 0$$

$$K_{пр.площ} = 12 \cdot 2500 \cdot 3 \cdot 0,92 = 82800$$

4.2.2 Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{N_{пр}} \quad (38)$$

$$K_{бз.уд} = \frac{1328000}{30000} = 44,26$$

$$K_{np.yd} = \frac{2006750}{30000} = 66.89$$

4.3 Дополнительные капитальные вложения

Дополнительные капитальные вложения рассчитываются для определения наиболее капиталоемкого варианта.

$$K_{дон} = K_{проект} - K_{баз} \quad (39)$$

$$K_{дон} = 1328000 - 2006750 = -678750$$

Расчеты показали, что базовый вариант более капиталоемкий.

4.4 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов.

4.4.1 Затраты на материалы.

Вспомогательные материалы для сварки бимса это:

- сварочная проволока, участвующая в формировании сварного шва;
- защитный газ и флюс, не участвующие в формирование шва.

При механизированной сварке в защитных газах затраты на сварочные материалы складываются из затрат на сварочную проволоку и защитный газ:

$$ЗМ_{св} = ЗМ_{св.пров} + З_{з.г} \quad (40)$$

где $ЗМ_{св.пров}$ – затраты на сварочную проволоку, руб.;

$З_{з.г.}$ – затраты на защитный газ, руб.

$$ЗМ_{св} = 1152 + 9,216 = 1161$$

При автоматической сварке под флюсом затраты на сварочные материалы складываются из затрат на сварочную проволоку и флюс.

Согласно исследованиям, флюс может стоить до половины стоимости общей стоимости сварочных расходных материалов. [26]-[27]

$$ЗМ_{св} = ЗМ_{св.пров} + З_{фл} \quad (41)$$

где $Z_{фл}$ – затраты на флюс, руб.

$Z_{св.пров}$ – затраты на сварочную проволоку.

$$Z_{св} = 576 + 1,728 = 577,7$$

Затраты на сварочную проволоку:

$$Z_{эл.(пр)} = H_{эл.(пр)} \cdot Ц_{эл.(пр)} \quad (42)$$

$$Z_{эл.(бз)} = 5,76 \cdot 200 = 1152$$

$$Z_{эл.(пр)} = 2,88 \cdot 200 = 576$$

где: $H_{эл}$ – норма расхода сварочной проволоки на одно изделие в кг;

$Ц_{эл}$ – цена сварочной проволоки, руб в 1 кг

$$H_{эл} = Y \cdot L_{ш(с)} \quad (43)$$

$$H_{эл.(бз)} = 0,12 \cdot 48 = 5,76$$

$$H_{эл.(пр)} = 0,12 \cdot 24 = 2,88$$

где Y – удельная норма расхода сварочных материалов (кг/м);

$L_{ш(с)}$ – длина сварного шва, м.

$$Y = k_p \cdot M_{напл.мет} \quad (44)$$

$$Y_б = 1.15 \cdot 0,2351 = 0,27$$

$$Y_п = 1.02 \cdot 0,1175 = 0,12$$

где k_p – коэффициент расхода сварочных материалов;

$M_{напл.мет}$ – масса наплавленного металла, кг/м.

Масса наплавленного металла:

$$M_{напл.мет} = \rho \cdot F_n \cdot 10^{-3} \quad (45)$$

$$M_{б.напл.мет} = 7.8 \cdot 4.5 \cdot 10^{-3} = 0,2351$$

$$M_{п.напл.мет} = 7.8 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,0156$$

где ρ – плотность наплавленного металла = 7,8 г/см³,

F_H – площадь поперечного сечения шва, мм².

В базовом варианте многопроходной шов.

Для многопроходных швов:

$$F_H = F_1 + F_2 \quad (46)$$

где – F_1 - первый проход;

$$F_1 = (6 \div 8) \cdot 3 = 2.25$$

$$F_2 = (6 \div 8) \cdot 3 = 2.25$$

$$F_H = 2.25 + 2.25 = 4.5$$

В проектном варианте – однопроходной шов.

$$F_2 = (8 \div 12) \cdot 3 = 2$$

$$F_H = 2$$

Затраты на защитных газ:

$$Z_{3,2} = H_{3,2} \cdot C_{3,2} \quad (47)$$

$$Z_{3,2} = 921,6 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 9,216$$

где $H_{3,2}$ – норма расхода защитного газа на 1 погонный метр сварного шва, литр/мин;

$C_{3,2}$ – цена защитного газа, рубль/литр.

Норма расхода защитного газа:

$$H_{3,2} = V_{3,2} \cdot L_{ш(6)} \quad (48)$$

$$H_{3,2} = 19,2 \cdot 48 = 921,6$$

где $V_{3,2}$ – норма удельного расхода защитного газа на 1 метр сварного шва;

Она рассчитывается по формуле:

$$V_{3,2} = q_{3,2} \cdot t_{01} \quad (49)$$

$$V_{3,2} = 8 \cdot 2,4 = 19,2$$

где $q_{3,2}$ – норма расходного защитного газа, литр/мин;

t_{01} – основное время сварки одного метра шва

$$t_{o1} = \frac{t_o}{L_{ш(в)}} \quad (50)$$

где t_o – основное время сварки

Дополнительный расход газа, возникающий при продувке шлангов, определяют по формуле:

$$Y_{доп.} = t_B^{\Pi} \cdot q_{з.г.} \quad (51)$$

где t_B^{Π} – вспомогательное время на продувку шлангов (при сварке плавящимся электродом $t_g^n = 0,05$ мин.).

$$Y_{доп.} = 0,05 \cdot 8 = 0,4$$

Затраты на флюс:

$$Z_{фл} = H_{фл} \cdot Ц_{фл} \quad (52)$$

$$Z_{фл} = 11,52 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 1,728$$

где $H_{фл}$ – норма расхода флюса на 1 погонный метр шва, кг;

$Ц_{фл}$ – цена 1 кг флюса, руб.

Норма расхода флюса определяется исходя из величины расхода сварочной проволоки:

$$H_{фл} = 0,2 \cdot (U - 18) \cdot \frac{360}{V_{св}} \quad (53)$$

$$H_{фл} = 0,2 \cdot (22 - 18) \cdot \frac{360}{25} = 11,52$$

4.4.2 Затраты на технологическую энергию

1) Для механизированной сварки в защитных газах затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_o}{\eta \cdot 60} \cdot Ц_{э-э} \quad (54)$$

«где $P_{об} = I_{св} \times U_{д}$ – полезная мощность оборудования **кВт**;

t_o – основное время работы сварочного оборудования;

η – коэффициент полезного действия;

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А;

$U_{д}$ – напряжение на дуге, В.» [10]

$$Z_{(бз)э-э} = \frac{400 \cdot 0,035 \cdot 159}{0,85 \cdot 60} \cdot 2 = 43,647$$

$$Z_{(пр)э-э} = \frac{350 \cdot 0,030 \cdot 82,26}{0,8 \cdot 60} \cdot 2 = 18$$

4.5 Затраты на содержания и эксплуатацию сварочного оборудования и приспособления, сварочных площадей

4.5.1 Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования

$$\langle Z_{об} = A_{об} + P_{т.р} \quad (55)$$

$$Z_{об(бз)} = 681,9 + 191,24 = 873,14$$

$$Z_{об(пр)} = 387,6 + 209,5 = 597,1$$

где $A_{об}$ – амортизационные отчисления на оборудование, руб.;

$P_{т.р}$ – затраты на текущий ремонт оборудования, руб.» [10]

а) Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} \cdot Na_{об} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60 \cdot 100} \quad (56)$$

$$A_{об(бз).} = \frac{2075000 \cdot 47 \cdot 159}{3790 \cdot 60 \cdot 100} = 681,9$$

$$A_{об(пр).} = \frac{2280000 \cdot 47 \cdot 82,26}{3790 \cdot 60 \cdot 100} = 387,6$$

«где: $Ц_{об}$ – цена используемого сварочного оборудования, руб.;

$Na_{об}$ – норма амортизационных отчислений на оборудование, %

б) Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле;» [10]

$$P_{т.р} = \frac{\sum Ц_{об} \cdot H_{т.р} \cdot k_3}{\Phi_{эф} \cdot 100} \quad (57)$$

$$P_{т.р} = \frac{2075000 \cdot 35 \cdot 0,95}{3790 \cdot 100} = 191,24$$

$$P_{т.р} = \frac{2280000 \cdot 35 \cdot 0,92}{3790 \cdot 100} = 209,5$$

где $H_{т.р}$ – норма отчислений на текущий ремонт оборудования, $\approx 35\%$;

4.5.2 Затраты на содержание и эксплуатацию приспособлений и рабочего инструмента

$$Z_{\text{присп.}} = \frac{C_{\text{присп}} \cdot N_{\text{а присп}} \cdot k_3}{100 \cdot T_{\text{присп}} \cdot N_{\Gamma}} \quad (58)$$

$$Z_{\text{присп. (бз)}} = \frac{5000 \cdot 12 \cdot 0,95}{100 \cdot 2 \cdot 3000} = 1,58$$

$$Z_{\text{присп. (пр)}} = \frac{6000 \cdot 12 \cdot 0,92}{100 \cdot 2 \cdot 3000} = 0,99$$

«где $N_{\text{а присп}}$ – норма амортизационных отчислений на приспособления (см. таблицу 7);

$C_{\text{присп}}$ – цена приспособлений, используемых в данном технологическом процессе, руб.;

$T_{\text{присп}}$ – срок службы используемых приспособлений, лет.» [10].

$$Z_{\text{инстр.}} = \frac{C_{\text{инстр}} \cdot N_{\text{а инстр}} \cdot t_{\text{шт}}}{100 \cdot T_{\text{инстр}} \cdot \Phi_{\text{эф}} \cdot 60} \quad (59)$$

$$Z_{\text{инстр. (бз)}} = \frac{300 \cdot 15 \cdot 159}{100 \cdot 300 \cdot 3790 \cdot 60} = 1,6$$

$$Z_{\text{инстр. (пр)}} = \frac{300 \cdot 15 \cdot 82,26}{100 \cdot 300 \cdot 3790 \cdot 60} = 0,91$$

«где $C_{\text{инстр}}$ – суммарная цена используемого инструмента, руб.;

$N_{\text{а инстр}}$ – норма амортизационных отчислений на инструмент

$T_{\text{инстр}}$ – срок службы инструмента, лет.» [10].

4.5.3 Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей

$$З_{\text{пл.}} = \frac{S_{\text{пл.}} \cdot Ц_{\text{пл.}} \cdot На_{\text{пл.}} \cdot k_{\text{д.пл.}} \cdot k_3}{100 \cdot N_{\Gamma}} \quad (60)$$

$$З_{\text{пл.}}(\text{бз}) = \frac{500 \cdot 3500 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,95}{100 \cdot 3000} = 24,47$$

$$З_{\text{пл.}}(\text{пр}) = \frac{512 \cdot 3500 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,92}{100 \cdot 3000} = 12,96$$

«где: $Ц_{\text{пл.}}$ – цена 1 м² производственной площади, руб.; = 3500 руб./м²

$На_{\text{пл.}}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{\text{пл.}}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м²» [10].

4.6 Затраты на заработную плату основных производственных рабочих.

Фонд заработной платы складывается из основной и дополнительной заработной платы.

$$\Phi ЗП = ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{дон}} \quad (61)$$

$$\Phi ЗП(\text{бз}) = 2182,28 + 218,22 = 2400,5$$

$$\Phi ЗП(\text{пр}) = 629,83 + 62,98 = 692,81$$

4.6.1 Основная заработная плата основных производственных рабочих

$$ЗП_{\text{осн}} = C_{\text{ч}} \cdot t_{\text{шт}} \cdot k_{\text{зп}} \quad (62)$$

$$ЗП_{\text{осн}} = 450 \cdot \frac{159}{60} \cdot 1,83 = 2182,28 \text{ руб}$$

$$ЗП_{\text{осн}} = 250 \cdot \frac{82,6}{60} \cdot 1,83 = 629,83 \text{ руб}$$

где: C_y – часовая тарифная ставка, руб./час;

$k_{зпл}$ – коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$k_{зпл} = k_{пр} \cdot k_{вн} \cdot k_y \cdot k_{пф} \cdot k_n \quad (63)$$

$$k_{зпл} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,067 \cdot 1,133 = 1,83$$

«где $k_{пр} = 1,25$ – коэффициент премирования;

$k_{вн} = 1,1$ – коэффициент выполнения норм;

$k_y = 1,1$ – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{пф} = 1,067$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_n = 1,133$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены» [10].

По 3 разряду часовая тарифная ставка 250 руб/час

По 5 разряду часовая тарифная ставка 450 руб/час

2.6.2 Дополнительная заработная плата основных производственных рабочих

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_d}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (64)$$

$$ЗПЛ_{доп(бз)} = \frac{10}{100} \cdot 2182,28 = 218,22$$

$$ЗПЛ_{доп(пр)} = \frac{10}{100} \cdot 629,83 = 62,98$$

где k_d – коэффициент соотношения между основной и дополнительной заработной платой = 10% от основной заработной платы

4.6.3 Отчисления на социальные нужды

$$O_{с.н} = \frac{H_{соц} \cdot \PhiЗП}{100} \quad (65)$$

$$O_{с.н(бз)} = \frac{36,6 \cdot 2400,5}{100} = 878,58$$

$$O_{c.n(нр)}. = \frac{36,6 \cdot 692,81}{100} = 253,56$$

где $H_{соц}$ – норма отчислений на социальные нужды = 36,6%.

4.7 Технологическая себестоимость изделия

$$C_{тех} = 3M_{всп} + 3_{э-э} + 3_{об} + 3_{присп} + 3_{инстр} + 3_{плочи} + \Phi 3П + O_{c.n} \quad (4.7.1)$$

$$C_{тех(бз)} = 1161 + 43,647 + 873,14 + 1,59 + 1,59 + 24,47 + 2182,28 \\ + 218,22 + 878,58 = 5382,92$$

$$C_{тех(нр)} = 577,7 + 18 + 597,1 + 1,974 + 1,974 + 12,96 + 692,83 + 69,28 \\ + 253 = 2224,37$$

4.8 Цеховая себестоимость изделия

$$C_{цех} = C_{тех} + P_{цех} \quad (66)$$

$$C_{цех(бз)} = 5382,92 + 5455,7 = 10838,62$$

$$C_{цех(нр)} = 2224,37 + 1574,57 = 3798,94$$

«где $P_{цех}$ – цеховые (общепроизводственные) расходы, руб.

Цеховые (общепроизводственные) расходы относятся к косвенным затратам на изготовление продукции, это накладные расходы по управлению цехом и его обслуживанию» [10].

$$P_{цех} = 2,5 \cdot 3ПЛ_{осн}. \quad (67)$$

$$P_{цех(бз)} = 2,5 \cdot 2182,28 = 5455,7$$

$$P_{цех(нр)} = 2,5 \cdot 629,83 = 1574,57$$

где – коэффициент цеховых (общепроизводственных) расходов = 2,5.

4.9 Заводская себестоимость изделия

$$C_{зав} = C_{цех} + P_{зав} \quad (68)$$

$$C_{зав(бз)} = 10838,62 + 3928,1 = 14766,72$$

$$C_{зав(пр)} = 3798,94 + 1133,69 = 4932,63$$

«где $P_{зав}$ – заводские (общехозяйственные) расходы, руб.

Заводские (общехозяйственные) расходы относятся к косвенным затратам на изготовление продукции, это накладные расходы по управлению производством продукции на предприятии и обслуживанию предприятия» [10].

$$P_{зав} = k_{зав} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (69)$$

$$P_{зав(бз)} = 1,8 \cdot 2182,28 = 3928,1$$

$$P_{зав(пр)} = 1,8 \cdot 629,83 = 1133,69$$

где – коэффициент заводских (общехозяйственных) расходов = 1,8.

4.10 Полная себестоимость изделия

(рассчитывается по двум сравниваемым вариантам)

$$C_{полн} = C_{зав} + P_{вн} \quad (70)$$

$$C_{полн(бз)} = 14766,72 + 738,336 = 15505,05$$

$$C_{полн(пр)} = 4932,63 + 246,63 = 5179,26$$

где $P_{вн}$ – внепроизводственные расходы, руб.

Внепроизводственные расходы – это расходы, связанные с реализацией изготовленной продукции.

$$P_{вн} = k_{вн} \cdot C_{зав} \quad (71)$$

$$P_{вн(бз)} = 0,05 \cdot 14766,72 = 738,336$$

$$P_{вн(пр)} = 0,05 \cdot 4932,63 = 246,63$$

где – коэффициент внепроизводственных расходов = 0,05.

Таблица 21 - Калькуляция себестоимости изделия

Статьи затрат	Базовый вариант, руб.	Проектный вариант, руб.
2. Материалы вспомогательные	1161	577,7
4. Электроэнергия	43,647	18
5. Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	873,14	597,1
6. Затраты на содержание приспособлений и инструмента	3,18	2,948
7. Затраты на содержание занимаемой под оборудование площади	24,47	12,96
8. Основная заработная плата	2182,28	692,83
9. Дополнительная заработная плата	218,22	69,28
10. Отчисления на социальное страхование	878,58	253,56
Технологическая себестоимость	5384,51	2224,37
Цеховая себестоимость	10838,62	3798,94
Заводская себестоимость	14766,72	4932,63
Внепроизводственные расходы	738,336	246,63
Полная себестоимость	15505,05	5179,26

4.11 Расчет экономической эффективности разработанного проекта

4.11.1 Ожидаемая прибыль (условно-годовая экономия) от снижения себестоимости изготовления изделия

$$\text{Пр}_{\text{ож}} = \text{Э}_{\text{у.г}} = \left(C_{\text{полн}}^{\text{баз}} - C_{\text{полн}}^{\text{пр.}} \right) \cdot N_{\Gamma} \quad (72)$$

$$\text{Пр}_{\text{ож}} = \text{Э}_{\text{у.г}} = (15505,05 - 5179,26) \cdot 3000 = 3097737 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения в технологический процесс нового оборудования, может быть рассчитан по формуле:

$$\text{Э}_z = \left[\left(C_{\text{полн}}^{\text{баз}} + E_n \cdot K_{\text{уд}}^{\text{баз}} \right) - \left(C_{\text{полн}}^{\text{проект}} + E_n \cdot K_{\text{уд}}^{\text{проект}} \right) \right] \cdot N_{\text{пр}} \quad (73)$$

«где $C_{\text{полн}}^{\text{баз}}$ и $C_{\text{полн}}^{\text{проект}}$ – полная себестоимость продукции (базовая и проектная), т.е. до и после внедрения нового оборудования, руб.

E_H – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности $E_H = 0,33$ » [10].

$$\Delta_{\Gamma} = [(15505,05 + 0,33 \cdot 44,26) - (5179,26 + 0,33 \cdot 42)] \cdot 3000 = 3097961 \text{ руб.}$$

4.11.2 Срок окупаемости капитальных вложений (инвестиций)

Так как выполняется неравенство $K_{уд}^{баз} < K_{уд}^{проект}$ то рассчитывается срок окупаемости капитальных вложений:

$$T_{ок} = \frac{K_{общ}^{пр}}{Пр_{ож}} \quad (74)$$

$$T_{ок} = \frac{2006750}{3097737} = 0,64 \text{ (лет)}$$

4.11.3 Коэффициент сравнительной экономической эффективности

«Величину экономии (отдачи), полученной от затраченных на внедряемое мероприятие средств, можно определить при помощи **коэффициента сравнительной экономической эффективности**» [10].

Данный коэффициент является величиной обратной сроку окупаемости капитальных вложений:

$$E_{cp} = \frac{1}{T_{ок}} \quad (75)$$

$$E_{cp} = \frac{1}{0,5} = 2$$

$$E_{cp} > E_H$$

Так как $E_{cp} > E_H$, то внедряемый технологический процесс является эффективным

4.12 Расчет повышения производительности труда

4.12.1 Снижение трудоёмкости изготовления изделия

Рассчитывается по формуле:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{шт}^{баз} - t_{шт}^{пр}}{t_{шт}^{баз}} \cdot 100 \quad (76)$$

$$\Delta t_{шт} = \frac{159 - 82,26}{159} \cdot 100 = 48,26 \%$$

Снижение трудоёмкости изготовления бимса на 48% происходит за счет изменения способа сварки, а именно: перехода с механизированной дуговой сварки в защитном газе на автоматическую сварку под флюсом. При этом длительность наложения сварного шва уменьшается в 2 раза, так как количество проходов сокращается с двух до одного.

4.12.2 Расчет повышения производительности труда

Рост производительности труда происходит из-за снижения трудоёмкости изготовления изделия. Расчет производим по формуле:

$$\frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \% \quad (77)$$

$$\Delta П_T = \frac{100 \cdot 48,26}{100 - 48,26} = 93,27 \%$$

4.13 Заключение по экономическому разделу

Замена механизированной сварки в защитном газе на автоматическую сварку под слоем флюса при изготовлении бимса пассажирского теплохода позволила повысить качество сварных швов за счет уменьшения влияния человеческого фактора на выполнение сварочных операций.

Экономические расчеты подтвердили эффективность предлагаемого решения:

- трудоемкость изготовления бимса уменьшается на 48,26%,
- производительность труда повышается на 93,27%,
- технологическая себестоимость изготовленного изделия уменьшается на 66,59%, что позволит предприятию получать при производстве заданной программы прибыль 3097737 рублей
- предлагаемое в проектом варианте оборудование окупится за 0,5 года.

Заключение

Цель выпускной квалификационной работы – повышение качества сварных соединений и производительности труда при изготовлении бимсов пассажирского теплохода.

Базовый вариант технического процесса изготовления бимсов имел ряд недостатков, связанных с влиянием на качественные характеристики сварного шва человеческого фактора, недостаточно надежной защитой сварного шва газом, необходимостью выполнения многопроходных сварных швов, что увеличивало трудоемкость изготовления конструкции.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были решены поставленные задачи:

- Разработка проектной технологии изготовления бимса;
- Выявление негативных факторов и рисков, связанных со сваркой бимсов теплохода и разработка мероприятий по их уменьшению;
- Оценка эффективности проектной технологии.

В проектном варианте предложено использовать автоматическую сварку под слоем флюса и в результате предлагаемого технологического процесса, увеличивается качество сварных соединений за счет уменьшения влияния человеческого фактора, а также увеличивается производительность за счет уменьшения длительности выполнения сварочных швов.

Выполнен анализ влияния опасных и вредных производственных факторов при выполнении проектного технологического процесса, и были предложены меры по их устранению.

В результате экономических расчетов было выявлено, что замена способа сварки бимса позволила уменьшить его технологическую себестоимость на 66%, снизить трудоемкость изготовления на 48,26%, повысить производительность труда на 93,27%.

С учетом вышесказанного можно сделать вывод, что поставленная цель выпускной квалификационной работы выполнена.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений : учебное пособие. М. : Машиностроение, 2006. 368 с.
2. Банников Е. А. Сварка. Серия: Я мастер. Москва АСТ, Кладезь 2014. 256 с.
3. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : учеб.-методическое пособие. Тольятти : ТГУ, 2016. 51 с.
4. ГОСТ 8713-79 Сварка под флюсом. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. Введ. 01.01.1981. М. : ИПК Издательство стандартов.
5. ГОСТ 9.402-2004 Покрyтия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию. Введ. 01.01.2006. М. : ИПК Издательство стандартов.
6. Джевага И.И. Механизированная электродуговая сварка под флюсом. М.: Машиностроение, 1968. 360 с
7. Казаков Ю.В. Преддипломная практика. Тольятти : ТГУ, 2007. 13 с.
8. Климов А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод, пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 15.07.00.62 «Машиностроение». Тольятти: ТГУ, 2014. 52 с.
9. Корпус корабля пассажирского теплохода [Электронный ресурс]. URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/Корпус_судна#Теоретический_чертёж_корпуса (дата обращения 04.02.2021).
10. Краснопевцева И.В., Зубкова Н.В Экономика и управление машиностроительным производством [Электронный ресурс]: электрон. учеб.-метод. пособие. Тольятти : ТГУ, 2014. 183 с.

11. Кузнецов Ю.В. Расчет экономической эффективности новой сварочной технологии: методические указания. Екатеринбург: Изд-во Ур. фед. гос. ун-та, 2014. 159 с.
12. Материаловедение: учебник для вузов / под ред. проф. А.Е. Гвоздева. 2-е изд. доп. и испр. Тула : ТулГУ, 2017. 469с.
13. Мацкевич В.Д. Сборка и сварка корпусов судов. М. Судостроение, 1968. 403 с.
14. Металлургические процессы при сварке низкоуглеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей [Электронный ресурс]. URL:https://studbooks.net/2511571/tovarovedenie/metallurgicheskie_protssesy_sv_arke_nizkouglerodistyh_nizkolegированных_vysokolegированных_staley (дата обращения 6.02.2021)
15. Моторин К.В. Методическое указание по курсовому проектированию Бакалавров очного и заочного обучения. Тольятти: ТГУ, 2020. 7с.
16. Нагрузки, действующие на судно [Электронный ресурс]. URL: <https://megaobuchalka.ru/6/50065.html> (дата обращения 12.02.2021).
17. Овчинников В.В. Производство сварных конструкций: учебник. М. : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2019. 288 с
18. Окерблом Н.О. Демянцевич В.П. Проектирование технологии изготовления сварных конструкций. Л. : Судпромгиз, 1963. 600 с.
19. Расчет основных параметров режима механизированной дуговой сварки плавящимся электродом: методические указания к курсовому и дипломному проектированию / Сост.: Р.Ф. Катаев. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. 37 с.
20. Система для сварки балок [Электронный ресурс]. URL: <https://www.svartools.ru/technology/sistema-dlya-svarki-balok/> (дата обращения 18.03.2021).

21. Устройство надводного корабля [Электронный ресурс]. URL: <https://flot.com/publications/books/shelf/maritimehandbook/1.htm> (дата обращения 04.02.2021)
22. Чернышов Г.Г. Сварочное дело: Сварка и резка. 2-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 496 с.
23. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM. Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. 1995. V. 47, № 2. pp. 118-123.
24. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. 1999. № 5. pp. 8-13.
25. Kanjilal, P., Pal, T.K. and Majumdar, S.K. 2005. Combined effect of flux and welding parameters on chemical composition and mechanical properties of submerged arc weld metal. J. of Materials Processing Tech., 171(2):223-231.
26. Kumar V., Mohan N. and Khamba J.S. 2010. Development of agglomerated acidic flux for submerged arc welding. Estonian J. of Engg., 16(2):135-141.
27. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. 1992. № 6. pp. 269-276.