

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 Технология и оборудование для изготовления настила и набора палубы

Обучающийся

Д.С. Сажинов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

К.т.н., доцент, К.В. Моторин

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

Консультанты

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

А.Н. Кирюшкина

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

## Аннотация

Целью выпускной квалификационной работы является результат снижения себестоимости путем обоснования внедряемых технически обоснованных решений, напрямую повлиявших на процесс изготовления выбранной конструкции с экономически доказуемым эффектом, сказывающимся на снижении затрат на каждый рассматриваемый этап производства.

Актуальность выпускной квалификационной работы заключается в том, чтобы выяснить, какие факторы влияют на себестоимость данной конструкции. Выполнить необходимые мероприятия для их уменьшения.

Основная задача работы - внедрение в технологический процесс ряд решений, которые напрямую повлияют на себестоимость изготавливаемой конструкции.

В настоящей работе рассмотрены основные вопросы, касающиеся применяемых сварочных материалов, выбора сварочного оборудования, а также технологии сварки применяемые при изготовлении палубной секции.

Данная работа ВКР содержит пояснительную записку объемом 56 страниц, дополняемой 16 таблицами, 5 рисунками, а также 5 чертежами формата А.1.

## Содержание

Введение.....	4
Перечень сокращений и обозначений.....	6
1 Состояние вопроса: анализ конструкций настила и набора палубы и базовая технология их изготовления, анализ известных и возможных способов изготовления настила и набора палубы, сформулировать задачи работы.....	7
1.1 Описание настила и набора палубы буксира .....	7
1.2 Свойства материала и настила палубы .....	9
1.3 Описание базового варианта изготовления настила и набора палубы .....	14
2 Разработка технологического процесса сборки и сварки настила и набора палубы. ....	21
3 Выбор и разработка оборудования и приспособлений для сборки и сварки настила и набора палубы. ....	27
4 Безопасность и экологичность работы: выявить вредные и опасные факторы, которые могут иметь место при сборке и сварки настила и набора палубы. ....	30
5 Расчет экономической эффективности сборочно-сварочных работ.....	40
Заключение.....	54
Список используемой литературы.....	55

## Введение

В связи с изменением формата ряда судостроительных и судоремонтных предприятий, на АО «ПО «Севмаш» решаются задачи по развитию постройки гражданской продукции, а в частности надводных судов, как для внутреннего, так и для зарубежного рынка.

«При организации процесса производства корпусных конструкций основной задачей является проектирование, разработка и поиск менее затратных технологических процессов сборки и сварки, позволяющих нарастить объем производственного процесса в единицах производства, при этом, не снижая качество изготавливаемых конструкций и уменьшения себестоимости их производства» [13].

«Для того, что бы произвести поиск и анализ известных технических решений по тематике процесса изготовления секции палубы, необходимо обратить внимание на инновационные технические решения, применяемые в производстве, а так же те которые находятся на стадии изучения и внедрения» [16].

Не до конца изученные и внедренные вопросы в производственную систему изготовления по методикам сварочных процессов как корпусных, так и конструкций машиностроения в условиях технического развития на данный момент являются гибкими и перспективными. Гибкостью любого процесса является возможность его регулирования и внесения корректур на стадии его внедрения, т.е. этот процесс можно отработать по методам проведения опытных работ устранив недостатки и дополнить при необходимости. Перспективой в технической разработке любого процесса является возможность его дальнейшего развития с учетом развития всей области сварочного производства.

Исходя из вышесказанного можно прийти к выводу, что любой процесс при условии развития технических возможностей будет всегда совершенствоваться.

«Основной задачей выпускной квалификационной работы это внедрение в технологический процесс ряд решений, которые напрямую повлияют на себестоимость изготавливаемой конструкции, и включает в себя использование:» [21]

- современного автоматизированного сварочного оборудования, заменяющего механизированную сварку в защитных газах при изготовлении и приварки таврового набора к полотну палубы;

- сварочного материала имеющего больший коэффициент наплавки и дополнительную функцию защиты порошковым флюсом по сравнению с проволокой сплошного сечения;

- подкладных планок на основе керамики, участвующих в процессе формирования формы сварного шва (ширина и высота усиления);

- сборочно-сварочного стенда оснащенного книжкой-кантователем.

Цель выпускной квалификационной работы, опираясь на поставленную задачу является результат снижения себестоимости путем обоснования внедряемых технически обоснованных решений, напрямую повлиявших на процесс изготовления выбранной конструкции с экономически доказуемым эффектом, сказывающимся на снижении затрат на каждый рассматриваемый этап производства.

## **Перечень сокращений и обозначений**

ДП – диаметральной плоскость

ИТР – инженерно-технические работники

ОТК – отдел контроля качества

ПДК – предельно допустимая концентрация

РМРС – Российский Морской Регистр Судоходства

СИЗ – средства индивидуальной защиты

УЗК – ультразвуковой контроль

# **1 Состояние вопроса: анализ конструкций настила и набора палубы и базовая технология их изготовления, анализ известных и возможных способов изготовления настила и набора палубы, сформулировать задачи работы**

## **1.1 Описание настила и набора палубы буксира**

Конструкция рассматриваемого изделия является составной частью корпуса буксира. Буксир проекта 030 рисунок №1 предназначен для ввода, вывода, перестановки и швартовки крупнотоннажных морских судов, поэтому он имеет отличную маневренность, в том числе малый диаметр циркуляции, и может двигаться лагом, что особенно важно при работе в акваториях портов.



Рисунок 1 – Общий вид буксира проекта 030

Высокий уровень технической оснащенности еще одно важное качество буксира. Средства автоматизации, сигнализации, дистанционного управления и контроля, сосредоточенные в ходовой рубке, обеспечивают

работу главных и вспомогательных двигателей без постоянной вахты в машинном отделении. В рубке оборудован также единый пульт судовождения с командными устройствами дистанционного управления пуском, остановкой и регулированием числа оборотов главного двигателя. Кроме того, вводятся команды на изменение положения лопастей ВРШ и поворотных насадок. Здесь же расположены приборы контроля основных параметров главных и вспомогательных механизмов, световая и звуковая аварийная сигнализация. Благодаря всем этим новшествам буксир обслуживают всего три человека.

Форма корпуса буксира упрощенная. Принятые обводы корпуса и соотношение главных размерений обеспечивают судну хорошие ходовые и мореходные качества.

Основные характеристики буксира:

Длина, м	30,82
Ширина, м	10,20
Высота борта, м	4,80
Осадка, м	3,75
Водоизмещение, т	664
Скорость, узлов	13,1
Мощность, л.с.	4930
Сила тяги на гаке, т	60,3
Экипаж, чел.	10

В качестве материала для корпуса, а так же и палубы используют сталь повышенной прочности D32 по ГОСТ 5521 [3], с пределом текучести не менее 315 МПа. Корпус выполняется цельносварным. Сборка корпуса предусматривается из блоков, сборка блоков из плоских и объёмных секций. Корпус разбит на 5 блоков, которые формируются из плоскостных, полуобъёмных и объёмных секций [22].

Палубная секция рисунок 2 формируется из следующих спецификационных материалов: прокат листовой; полосы для изготовления тавровых балок (поперечный и продольный набор).

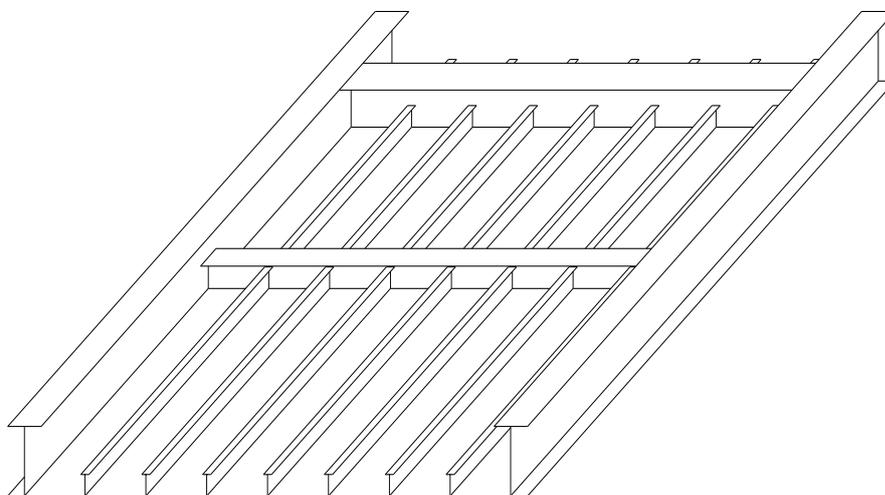


Рисунок 2 – Палубная секция буксира

Спецификационные детали характеризуются размером, толщиной и маркой материала из которого изготавливаются.

Рассматриваемый буксир, изготавливается под наблюдением классификационного общества Det Norske Veritas и Российского Морского Регистра Судоходства, входящих в международную ассоциацию классификационных обществ (МАКО) и соответствующие резолюции Международной морской организации (ИМО).

## **1.2 Свойства материала и настила палубы**

«Листовая сталь, которая поступает на предприятие для использования при изготовлении изделий, должна соответствовать техническим требованиям на поставку. Полуфабрикат стали при поставке в организацию должен иметь документ удостоверяющий качество металла, т.е. сертификат качества. В сертификате качества должен быть указан: химический состав и механические свойства, документ на поставку, подтверждение

классификационных обществ Det Norske Veritas и Российского Морского Регистра Судоходства» [7].

Химический состав стали марки D32 должен иметь значения не превышающие или находящиеся в диапазоне значений согласно таблице 1, в соответствии с ГОСТ 5521 [3].

Таблица 1 – «Химический состав стали D32 по плавочному анализу ковшовой пробы, %» [3]

C	Mn	Si	P	S	Al	Ni	Cu	Mo	Cr
не более 0,18	0,9-1,6	0,15-0,50	не более 0,035	не более 0,035	не более 0,06	не более 0,4	не более 0,35	не более 0,08	не более 0,2
Массовая доля мышьяка не более 0,08 %.									
Массовая доля азота не более 0,008 %.									

«Химический состав стали так же может иметь отклонения по массовому значению указанному в таблице 2, в соответствии с ГОСТ 5521» [3].

Таблица 2 – «Отклонения значений по химическим элементам» [3]

Обозначение химического элемента	Значение отклонения массовой доли, %
C	+ 0,02
Mg	± 0,01
Si	± 0,05
Cr, Ni, Cu	± 0,02
S, P	+ 0,005
Mo	+ 0,01 – 0,005
Al	± 0,05

Механические свойства стали D32 в процессе испытаний на растяжение и ударный изгиб должны соответствовать значениям таблиц 3 и 4, а также быть в пределах значений по ГОСТ 5521 [3].

Таблица 3 – «Значение временного сопротивления, предела текучести и удлинения при механических испытаниях» [3]

Марка стали	Временное сопротивление, $R_m$ , Н/мм <sup>2</sup>	Предел текучести, Н/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение, %
D32	440-590	не менее 315	не менее 22

Таблица 4 – Значение ударного изгиба при механических испытаниях

Марка стали	Температура образца при испытаниях, °С	Значение работы удара, Дж		
		толщина листа 10 мм и более	толщина листа 7,5 - 9,5 мм	толщина листа 5,0 - 7,0 мм
D32	-20	30	27	21

«Эксплуатация буксира предназначена в акватории морей с температурой воды стремящейся к отрицательной, так же при ходовых работах нагрузочные характеристики корпуса испытывают повышенное значение нагрузок, тем самым при проектировании целесообразно использовать сталь повышенной прочности марки D32» [8].

«В процессе поставок металла на предприятие необходимо производить входной контроль. В связи с контролем данного процесса со стороны классификационных обществ необходимо руководствоваться отраслевым стандартом ОСТ5Р.1093» [8].

«Требование стандарта исключает наличие поверхностных дефектов, таких как трещины, вздутия, окисные области, пузырчатость, отслоения, внедренные окалины, рытвины и различные вкатанные загрязнения» [8].

«Допустимыми дефектами согласно требованиям ОСТ5Р.1093 [8] являются риски, рябь, местные дефекты до 0,1 мм» [8].

«Листовой прокат изготавливается с требованием к кромкам на обрез. На обрезе листов не должно быть расслоений, трещин-расщеплений, следов усадочной раковины, рыхлости, газовых пузырей и скоплений шлаковых включений. Допускаются отдельные волосовины на срезах листов, если они расположены нескученно и протяженность каждой из них не превышает 25 мм, а глубина - 2 мм» [8].

«Основным свойством стали используемой в процессе сварочных работ является свариваемость, которая формируется при внешней характеристике и внутреннему фактору химической составляющей» [8].

«Внешний фактор формируется исходя из применяемых режимов сварки, характеристик жесткости сварных соединений и эксплуатационных составляющих» [8].

«Характеристика свариваемости для сталей разная и формируется исходя из химического состава стали, а в частности ковшовой пробы в процессе её литья» [8].

«Классификатор свариваемости включает в себя 4 группы» [8]:

«- к 1-ой группе свариваемости относятся, стали с оценкой хорошо свариваемые, т.е. могут применяться все режимы и виды сварки без дополнительных мероприятий» [8];

«- ко 2-ой группе свариваемости относятся, стали с оценкой удовлетворительной свариваемости, т.е. могут быть применены все виды сварки, но с ограничением режимов сварки, а так же дополнительных технологических мероприятий в виде подогрева перед сваркой, если окружающая среда находится в отрицательных температурах» [8];

«- к 3-ей группе свариваемости относятся, стали с оценкой ограниченная свариваемость, т.е. применяются ограниченные режимы и виды сварки, а так же обязательное обеспечение подогрева перед сваркой, в

процессе сварки и термической обработке при заключительном цикле термического воздействия» [8];

«- к 4-ой группе свариваемости относятся, стали с оценкой плохая свариваемость, т.е. в процессе сварочных работ много вероятно возникновение горячих и холодных трещин даже при обязательном обеспечении термического влияния, стали относящиеся к данной группе имеют закалочную структуру металла» [8].

«Для определения группы свариваемости практическим путем с определенной погрешностью возможно методом исчисления эквивалента углерода ( $C_{\text{э}}$ )» [8].

«Для 1 группы – эквивалент углерода должен быть не более 0,25%.

Для 2 группы – эквивалент углерода должен быть в пределах значений от 0,25 до 0,35%.

Для 3 группы – эквивалент углерода должен быть в пределах значений от 0,35 до 0,45%.

Для 4 группы – эквивалент углерода должен быть более 0,45%»[8].

«Существуют несколько формул расчета эквивалента углерода. В данном случае применим формулу европейской ассоциации по сварке и требований классификационных обществ Det Norske Veritas и Российского Морского Регистра Судоходства по формуле (1):» [8].

$$C_{\text{э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}, \quad (1)$$

$$C_{\text{э}} = 0,06 + \frac{1,0}{6} + \frac{0,1 + 0,05}{5} + \frac{0,2 + 0,2}{15} = 0,06 + 0,16 + 0,03 + 0,026 = 0,276$$

«Расчетный эквивалент углерода показывает, что сталь D32 входит во 2 группу свариваемости с удовлетворительной оценкой, т.е. в процессе сварки секции при условии температуры окружающей среды не ниже 10 °С использование подогрева перед сваркой не требуется, но согласно требованиям Правил РМРС рекомендовано выполнять просушку кромок

газовой горелкой в пределах температурного режима 40 – 60 °С, данные требования должны соблюдаться перед началом постановки прихваток и непосредственно перед процессом сварки» [8].

### **1.3 Описание базового варианта изготовления настила и набора палубы**

«Работы по сборке корпуса судна состоят из двух самостоятельных этапов» [13].

«Этап 1 - предварительная сборка которую производят в сборочно-сварочном цехе. В отдельных пролетах или участках цеха собирают узлы и секции, распределяя их по типам, а также блоки секций. Производственный цикл в цехе начинается с получения деталей от комплекточного участка корпусообработывающего цеха и заканчивается испытанием и грунтовкой (или консервацией) готовых секций и блоков секций» [13].

«Сам процесс предварительной сборки включает соединение двух или более деталей и формирует узлы, т.е. детали устанавливаются в заданные чертежом положения и фиксируются образуя форму с соответствующими допусками, проверяют и скрепляют собранные сопряженные элементы зажимными устройствами, стяжками и приспособлениями для закрепления, стягивания, обжатия или обеспечения жесткости конструкции и предупреждения появления сварочных деформаций при последующей сварке. При сборке узлов и секций выполняют также проверку комплектности полученных деталей и узлов, раскладку их для сборки, зачистку кромок и мест установки под сварку, возобновление разметки после зачистки, ручную газовую подрезку кромок, электроприхватку, подправку в процессе сборки, маркировку узлов и секций; освобождение от креплений и снятие собранных узлов и секций (совместно с такелажниками)» [14].

«Второй этап корпусосборочных работ — сборка корпуса на построечном месте — осуществляется секционным или блочным способом.

Корпус судна собирают на построечном месте из секций и блоков секций, изготовленных на этапе предварительной сборки» [14].

Разбиваем процесс изготовления секции палубы рисунок 3 на технологически самостоятельные единицы:

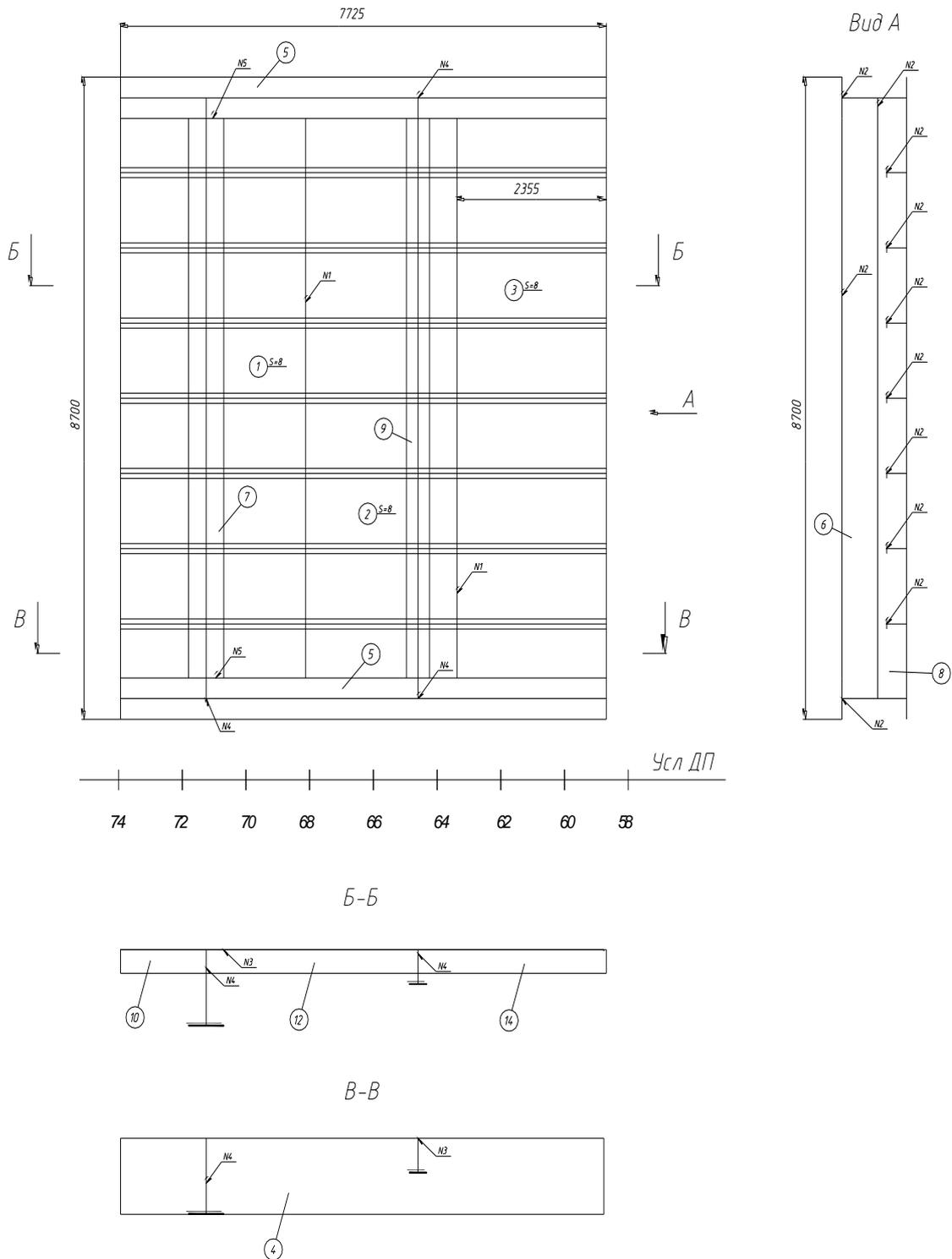


Рисунок 3 – Секция палубы в районе 58-74 шп

«Узел 1 - сборка и сварка листов секции с формированием полотна;

Узел 2 - сборка и сварка поперечного набора (бимсы), сборка и сварка продольного набора (карлингсы);

Узел 3 - сборка секции в объем (узел 1, узел 2)» [5].

«1.3.1 Узел 1 - сборка и сварка полотна палубной секции.

1.3.1.1 Перед началом работ подготовить сборочно-сварочный стенд с учетом проверки технологических операций:

- по горизонтальности и прямолинейности;
- зачистка остатков временных сварных швов;
- по разметке основной линии - ДП» [5].

«1.3.1.2 Листы полотна подать краном, уложить согласно чертежу» [5].

«1.3.1.3 Установить 10 т груза на листы. Выполнить раскрепление листов между собой по способу постановки прихваток, соблюдая расстояние между ними 100 – 250 мм, длиной 15 – 20 мм. Общая последовательность размещения прихваток на стыковом соединении от середины предполагаемого сварного шва к его краям, прихватки должны производиться электродами марки УОНИИ-13/55Р. Перекантовать собранное полотно» [5].

«1.3.1.4 Собранные листы полотна закрепить к сборочно-сварочному стенду по всем кромкам гребенками, соблюдая расстояние между ними 100 – 250 мм» [5].

«1.3.1.5 Установить выводные планки и направляющие из уголков под автоматическую сварку под слоем флюса» [5].

«1.3.1.6 Сдать сборку листов полотнища мастеру ОТК, при этом выполнить проверку:

- на качество выполненных электроприхваток и зачистки предполагаемых к сварке кромок;
- размерных составляющих полотна;
- относительное совпадение линий разметки полотна и основных контрольных линий на стенде» [5].

«1.3.1.7 Произвести сварку подварочного сварного шва электродами марки УОНИИ-13/55Р. Зачистить от шлака и брызг, а так же исключить резкие переходы к основному металлу от подварочного путем зачистки. Выполнить сварку полотна автоматической сваркой по ГОСТ 8713 [4] узел С7 сварочной проволокой марки Св-10ГН под слоем флюса марки АН-42» [5].

1.3.1.8 Снять раскрепления с полотна и выполнить кантовку. Согласно требованию пунктов 1.3.1.4 и 1.3.1.7 повторить сборочно-сварочные операции подварочный сварной шов с обратной стороны не накладывать.

1.3.1.9 Проконтролировать сварные швы на отсутствие недопустимых дефектов.

1.3.1.10 Проверить размерные составляющие полотна.

1.3.1.11 Сварочные работы предъявить контрольному мастеру ОТК по критериям, исключающим наличие недопустимых дефектов и размерных составляющих.

1.3.2 Узел 2 - сборка и сварка поперечного набора (бимсы), сборка и сварка продольного набора (карлингсы).

«1.3.2.1 Разместить пояски набора на стенде и закрепить прихватками. Отметить маркировкой линии контроля стыковки стенок» [5].

«1.3.2.2 Установить ось вертикально стенки набора на поясok» [5].

«1.3.2.3 Выполнить сварку пояска и стенки между собой механизированной сваркой в среде углекислого газа проволокой марки Св-08Г2С по ГОСТ 14771 [1] узел Т8» [5].

«1.3.2.4 Сварку набора сдать мастеру ОТК» [5].

«1.3.3 Узел 3 - сборка секции в объем (узел 1, узел 2)» [5].

1.3.3.1 Разметить на полотне палубной секции участки установки набора главного направления. Набор главного направления закрепить с помощью электроприхваток. Электроприхватки выполнить ручной дуговой сваркой электродами марки УОНИИ-13/55Р.

«1.3.3.2 Сдать сборку мастеру ОТК, при этом выполнить проверку:

- на качество выполненных электроприхваток и зачистки предполагаемых к сварке кромок;

- размерных составляющих полотна;

- относительное совпадение линий разметки полотна секции с бимсами» [5].

«1.3.3.3 Произвести приварку бимсов к полотну секции механизированной сваркой в среде углекислого газа проволокой марки Св-08Г2С по ГОСТ 14771 [1] узел Т8» [5].

«1.3.3.4 Сдать сварку мастеру ОТК проверив:

- отсутствие недопустимых наружных дефектов;

- габаритные размеры сварных соединений» [5].

1.3.3.5 Разметить на полотне палубной секции и на наборе главного направления участки установки перекрестного набора. Места стыкового соединения, где будет проходить набор, зачистить заподлицо с основным металлом. Перекрестный набор закрепить с помощью электроприхваток. Электроприхватки выполнить ручной дуговой сваркой электродами марки УОНИИ-13/55Р.

«1.3.3.6 Сдать сборку мастеру ОТК, при этом выполнить проверку:

- на качество выполненных электроприхваток и зачистки предполагаемых к сварке кромок;

- размерных составляющих полотна;

- относительное совпадение линий разметки полотна секции с карлингсами» [5].

«1.3.3.7 Произвести приварку карлингсов к полотну секции механизированной сваркой в среде углекислого газа проволокой марки Св-08Г2С по ГОСТ 14771 [1] узел Т8» [5].

«1.3.3.8 Произвести приварку карлингсов к бимсам механизированной сваркой в среде углекислого газа проволокой марки Св-08Г2С по ГОСТ 14771 [1] узлы Т8, Т1, С12. Сварку выполнять в следующей последовательности - заварить стенки продольного и поперечного набора

между собой начиная со средних балок набора по направлению к краям полотна» [5].

1.3.3.9 Сварочные работы предъявить контрольному мастеру ОТК по критериям исключающим наличие недопустимых дефектов и размерных составляющих.

1.3.4 Произвести в объеме требований контроля сварных соединений сдачу конструкции.

В качестве известных способов изготовления настила и набора палубы используют:

«- сборочно-сварочный стенд, предназначенный для хранения, размещения и раскрепления плоских деталей из листового проката с последующим соединением деталей по методу электродуговой сварки. Оснащение для такелажных работ произведено по средствам грузового мостового крана» [15].

«- сварочная проволока сплошного сечения, распространенная при изготовлении корпусных конструкций и применяемая в процессе автоматизированной сварки под слоем флюса и механизированной сварки в среде защитного газа;» [15].

«- пост ручной дуговой сварки используется для обеспечения закрепления деталей между собой и к сборочно-сварочным приспособлениям и включает источник питания марки ВДМ-1601 и регулятор сварочного тока балластный реостат РБ-302У2;» [18].

«- пост автоматической сварки под слоем флюса используется для обеспечения изготовления полотен конструкции и включает источник питания марки ВДУ-1250 и сварочный трактор для подачи проволоки и флюса марки АДФ-1000;» [18].

«- пост механизированной сварки в среде защитного газа используется для обеспечения изготовления конструкции в узлы и включает источник питания марки ВД-506ДК с подающим механизмом марки ПДГ-322М и блоком управления БУСП-06.» [15].

Проведя анализ используемых методов сварки и сварочного оборудования можно прийти к выводу, что механизация процесса изготовления с учетом нынешнего развития в области сварочной индустрии является недостаточной, а сварочные материалы и вспомогательное оснащение не применяется, что неизбежно приводит себестоимость продукции к постоянному увеличению в условиях имеемой инфляции, так как изменения в структуре изготовления конструкции отсутствуют. В связи с чем необходимо постоянно следить за техническим парком сварочного оборудования, оснастки и выпускаемой номенклатурой сварочных материалов проводить испытания и сравнительные работы по эффективности использования взамен имеемого [19].

Таким образом, для достижения поставленной цели, т.е. снижения себестоимости, необходимо решить следующие задачи:

- разработать технологический процесс изготовления палубы с учетом принятых решений;
- выбрать вспомогательный и сварочный материал для разработанного технологического процесса;
- выбрать оснастку и оборудование для разработанного технологического процесса.

## **2 Разработка технологического процесса сборки и сварки настила и набора палубы**

При разработке технологического процесса сборки и сварки настила и набора палубы, так же необходимо предусмотреть разбивку конструкции на технологически самостоятельные единицы:

«Узел 1 - сборка и сварка листов секции с формированием полотна;

Узел 2 - сборка и сварка поперечного набора (бимсы), сборка и сварка продольного набора (карлингсы);

Узел 3 - сборка секции в объем (узел 1, узел 2)» [5].

«2.1 Узел 1 - сборка и сварка полотна палубной секции» [5].

«2.1.1 Перед началом работ подготовить сборочно-сварочный стенд оснащенный книжкой-кантователем с учетом проверки технологических операций: по горизонтальности и прямолинейности; зачистка остатков временных сварных швов; по разметке основной линии - ДП» [5].

«2.1.2 Листы полотна подать краном, уложить согласно чертежу в книжку-кантователь» [5].

«2.1.3 Установить 10 т груза на листы. Выполнить раскрепление листов между собой по способу постановки прихваток, соблюдая расстояние между ними 100 – 250 мм, длиной 15 – 20 мм. Общая последовательность размещения прихваток на стыковом соединении от середины предполагаемого сварного шва к его, прихватки должны производиться порошковой проволокой КРОН ПП 42-20. Установить керамические подкладные планки строго по оси разделки с зазором  $0^{+0,5}$  мм» [5].

«2.1.4 Собранные листы полотна перекантовать и уложить на направляющие полосы с тем учетом, что бы керамические подкладные планки попадали в промежуток полос. Уложить на листы полотна груза массой 10 т и закрепить к сборочно-сварочному стенду по всем кромкам

гребенками, соблюдая расстояние между ними 100 – 250 мм, длиной 15 – 20 мм» [5].

«2.1.5 Установит выводные планки и направляющие из уголков под автоматическую сварку под слоем флюса» [5].

«2.1.6 Сдать сборку листов полотнища мастеру ОТК, при этом выполнить проверку:

- на качество выполненных электроприхваток и зачистки предполагаемых к сварке кромок;

- размерных составляющих полотна;

- на смещение и отслоение керамических подкладных планок от основного металла;

- относительное совпадение линий разметки полотна и основных контрольных линий на стенде» [5].

«2.1.7 Выполнить сварку полотна автоматической сваркой по ГОСТ 8713 [4] узел С4 сварочной проволокой марки Св-10ГН под слоем флюса марки АН-42» [5].

«2.1.8 Проконтролировать сварные швы на отсутствие недопустимых дефектов» [5].

«2.1.9 Снять крепления с полотна к стенду. Перекантовать и выполнить очистку от остатков керамических подкладных планок.

2.1.9 Проверить размерные составляющие полотна» [5].

«2.1.10 Сварочные работы предъявить контрольному мастеру ОТК по критериям, исключающим наличие недопустимых дефектов и размерных составляющих» [5].

2.2 Узел 2 - сборка и сварка поперечного набора (бимсы), сборка и сварка продольного набора (карлингсы)

«2.2.1 Разместить пояски набора на стенде и закрепить прихватками. Отметить маркировкой линии контроля стыковки стенок» [5].

«2.2.2 Установить ось вертикально стенки набора на поясok» [5].

«2.2.3 Со стороны прихваток установить керамические подкладные планки строго по оси разделки с зазором  $0^{\pm 0,5}$  мм» [5].

«2.2.4 Сдать сборку набора мастеру ОТК, при этом выполнить проверку:

- на качество выполненных электроприхваток и зачистки предполагаемых к сварке кромок;

- на смещение и отслоение керамических подкладных планок от основного металла;

- на перпендикулярность стенки относительно пояска» [5].

«2.2.5 Выполнить сварку пояска и стенки между собой механизированной сваркой в среде углекислого газа порошковой проволокой марки КРОН ПП 42-20 по ГОСТ 14771 [1] узел Т6» [5].

«2.2.6 Снять крепления к стенду, зачистить места прихваток» [5].

«2.2.7 Очистить детали от остатков керамических подкладных планок» [5].

«2.2.8 Сварку набора сдать мастеру ОТК» [5].

«2.3 Узел 3 - сборка секции в объем (узел 1, узел 2)» [5].

«2.3.1 Разметить на полотне палубной секции участки установки набора главного направления. Набор главного направления закрепить с помощью электроприхваток. Электроприхватки выполнить механизированной сваркой в среде углекислого газа порошковой проволокой марки КРОН ПП 42-20» [5].

«2.3.2 Установит направляющие из уголков под автоматическую сварку» [5].

«2.3.3 Сдать сборку мастеру ОТК, при этом выполнить проверку:

- на качество выполненных электроприхваток и зачистки предполагаемых к сварке кромок;

- на перпендикулярность стенки относительно полотна.

- относительное совпадение линий разметки полотна секции с бимсами» [5].

«2.3.4 Произвести приварку набора к полотну секции автоматической сваркой порошковой проволокой марки КРОН ПП 42-20 по ГОСТ 14771 [1] узел Т8. Очередность приварки деталей от центра конструкции к краям. Последовательность приварки обратная каждому проходу» [5].

2.3.5 Сдать сварку мастеру ОТК проверив:

- отсутствие недопустимых наружных дефектов;
- габаритные размеры сварных соединений.

2.3.6 Разметить на полотне палубной секции и на наборе главного направления участки установки перекрестного набора. Места стыкового соединения, где будет проходить набор, зачистить заподлицо с основным металлом. Перекрестный набор закрепить с помощью электроприхваток выполненных механизированной сваркой в среде углекислого газа порошковой проволокой КРОН ПП 42-20.

«2.3.7 Со стороны прихваток установить керамические подкладные планки строго по оси разделки с зазором  $0^{\pm 0,5}$  мм» [5].

«2.3.8 Сдать сборку мастеру ОТК, при этом выполнить проверку:

- на качество выполненных электроприхваток и зачистки предполагаемых к сварке кромок;
- на смещение и отслоение керамических подкладных планок от основного металла;
- на перпендикулярность стенки относительно полотна;
- относительное совпадение линий разметки полотна секции с карлингсами» [5].

«2.3.9 Произвести приварку карлингсов к полотну секции механизированной сваркой в среде углекислого газа порошковой проволокой марки КРОН ПП 42-20 по ГОСТ 14771 [1] узел Т6» [5].

2.3.10 Очистить конструкцию от остатков керамических подкладок.

2.3.11 Произвести приварку карлингсов к бимсам механизированной сваркой в среде углекислого газа порошковой проволокой марки КРОН ПП 42-20 по ГОСТ 14771 [1] узлы Т3, С12. Сварку выполнять в

следующей последовательности - заварить стенки продольного и поперечного набора между собой начиная со средних балок набора по направлению к краям полотна.

2.3.12 Сварочные работы предъявить контрольному мастеру ОТК по критериям исключаяющим наличие недопустимых дефектов и размерных составляющих.

2.4 Произвести в объеме требований п.2.5 контроль сварных соединений и сдачу конструкции.

2.5 Оценку контроля качества сварных швов выполнять согласно ОСТ5Р.1093 [8].

«Контроль качества сварных соединений выполняется в следующими методами и назначенным объемом:

- визуальный и измерительный контроль в объеме 100% по РД5.121 [10];

- ультразвуковой контроль в объеме 50% по ОСТ5Р.9768 [9] на сварных соединениях с полным проваром» [9].

«Перед контролем сварные швы и околошовную зону не менее чем по 20 мм в обе стороны от шва необходимо зачистить от грязи, брызг и других загрязнений (зубилом, металлической щёткой)» [8].

«Контроль качества визуальным осмотром и измерениями кромок свариваемых деталей, сборку под сварку, а также сварных швов должен осуществляться в объёме 100%, критерии оценки согласно ОСТ5Р.1093» [8].

«При визуальном и измерительном контроле должно быть установлено отсутствие в них наружных дефектов» [10]:

- «- трещин в шве и околошовной зоне, прожогов, свищей, незаваренных кратеров, протекнов металла, наплывов, несоответствие формы и размеров сварного шва, местных скоплений пор и включений» [10];

- «- отдельных пор диаметром более 0,1 минимальной толщины свариваемой детали, входящей в сварное соединение, при толщине деталей до 20 мм» [10];

«- западаний между валиками или чешуйками на поверхности шва, превышающих 1,5 мм на базе 12 мм» [10];

«- подрезов основного металла глубиной до 1,0 мм длиной более 15 мм и подрезов более 1,0 мм любой длины. Суммарная протяженность отдельных подрезов глубиной до 1 мм, но длиной менее 15 мм не должна превышать 10 % длины соединения» [10];

«- бугристости и чешуйчатости величиной более 1,5 мм на базе 12 мм» [10];

«- западаний между валиками, превышающих 1,5 мм на базе 12 мм» [10].

«При контроле сварных соединений УЗК проверяется сплошность наплавленного металла, металла шва, зоны сплавления и зоны термического влияния. УЗК сварных соединений, выполненных низколегированными сварочными материалами, производится с целью обнаружения в них внутренних дефектов расположения и количества.» [9].

«Оценка сварных соединений по результатам УЗК производится по двухбалльной системе: «годен» - если характеристики обнаруженных по результатам контроля дефектов, не превышают значений оценки по ОСТ5Р.1093 [9]; «не годен» - если характеристики обнаруженных по результатам контроля дефектов, превышают значений оценки по ОСТ5Р.1093» [9].

При обнаружении недопустимых дефектов выполнить их исправление согласно РД5.1078 [11], контроль исправленных участков выполнить в полном объеме всеми видами и методами, назначенными на основную конструкцию.

### **3 Выбор и разработка оборудования и приспособлений для сборки и сварки настила и набора палубы**

При выборе оборудования и приспособлений в качестве возможных решений предлагается использование:

1 Современного автоматизированного сварочного оборудования, заменяющего механизированную сварку в защитном газе при изготовлении и приварки таврового набора к полотну палубы. В качестве автоматизированного оборудования рассматривается сварочная установка по типу тракторной тележки марки 2ТС-16-04 рисунок 4, установка комплектуется блоком для управления режимами и парой источников питания, а так же двумя сварочными головками для подачи электродной проволоки в тавровое соединение с двухпозиционных сторон [20].

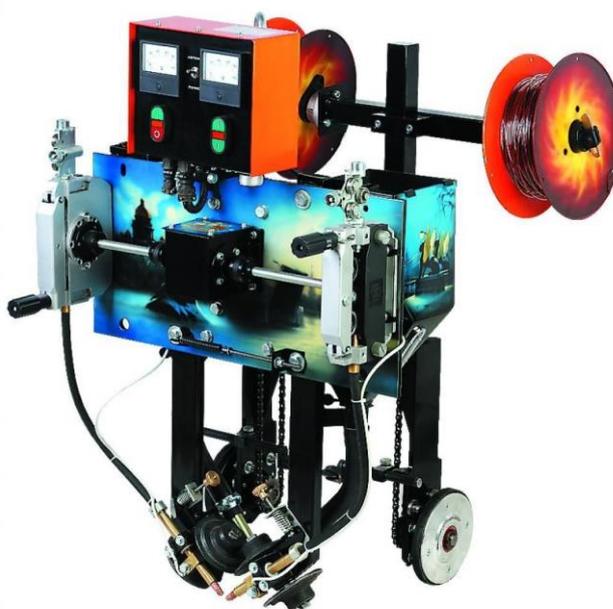


Рисунок 4 - Сварочная установка по типу тракторной тележки марки 2ТС-16-04

Процесс сварки происходит на постоянном токе и обратной полярности. Сварные швы по предлагаемому методу сварки выполняются прямолинейными. Установка тракторного типа в процессе выполнения сварочных швов перемещается с помощью колесного привода по

специальной направляющей. Перед началом работы сварочной установки тракторного типа на изделие по точной разметке закрепляют с помощью электроприхваток направляющий стальной уголок. Установка тракторного типа имеет характеристики исполнения с индексом УЗ, указывает на работу установки в защищенном крытом помещении, имеющем вентиляцию естественного обмена, а так же ограничения к использованию по высоте над уровнем море не более 1000 метров, с умеренными климатическими условиями [20].

Преимущества использования установки по типу тракторной тележки для автоматической сварки с подачей электродной проволоки в тавровое соединение с двухпозиционных сторон:

- одновременное выполнение двухстороннего шва, что увеличивает производительность процесса вдвое;
- снижение разбрызгивания электродного металла;
- увеличенная защищенность зоны горения сварочной дуги;
- снижение возможного образования оксидов металла на границах сплавления;
- увеличенная возможность снизить наружные и внутренние дефекты наплавленного металла;
- однородность распределения чешуек валика в сварном шве.

Недостатки использования установки по типу тракторной тележки для автоматической сварки с подачей электродной проволоки в тавровое соединение с двухпозиционных сторон:

- выполнение сварочного процесса только в нижнем и горизонтальном положениях;
- необходимость в высокой степени подготовки деталей в процессе подгоночно-сборочных работ;
- исключение возможности выполнения криволинейных швов и швов малого радиуса изгиба.

2 Сборочно-сварочного стенда оснащенного книжкой-кантователем. Кантователь предназначен для предварительного стыкования, сварки соединений и кантовки листов с последующей сваркой. Листовая сталь, подлежащая сборке и сварке, подается мостовым краном и укладывается на стенд, оснащенный рамой с зажимами. Сборочно-сварочный стенд оснащенный книжкой-кантователем рисунок 5 ускоряет процесс переворота листов на обратную сторону и исключает дополнительные операции по снятию и установке раскрепления, используемого при сборочных операциях.

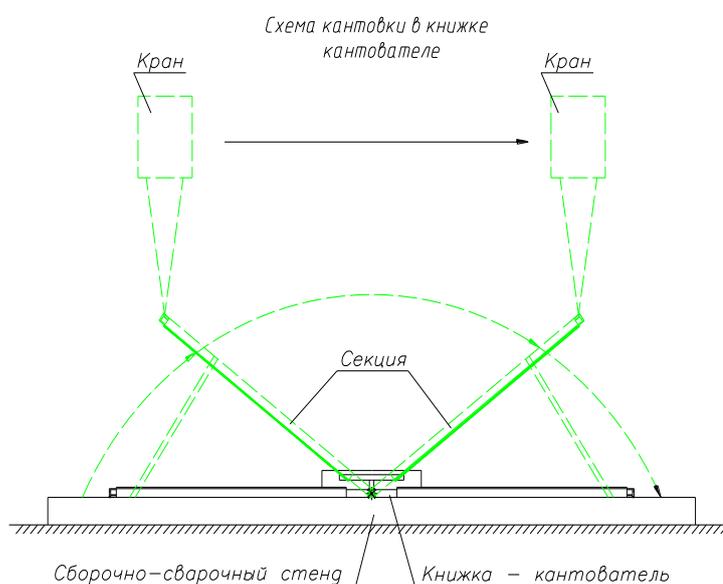


Рисунок 5 – Сборочно-сварочный стенд, оснащенный книжкой-кантователем

Принцип выполняемой операции – кантовка.

Для применения таких сборочно-сварочных приспособлений необходимы большие производственные цеха и дополнительно подготовленный персонал.

Учитывая все недостатки представленных решений для увеличения производственных процессов, а также и снижения себестоимости изготавливаемой продукции, в бакалаврской работе предстоит выполнить экономический анализ целесообразности внедрения данных решений, путем ряда технологических выводов и подкрепляющих расчетов.

#### **4 Безопасность и экологичность работы: выявить вредные и опасные факторы, которые могут иметь место при сборке и сварки настила и набора палубы**

«В процессе выполнения сборочно-сварочных работ при изготовлении настила и набора палубы наибольшую опасность представляют следующие работы:» [5].

«- подъемно-транспортные и кантовочные операции, зачастую в стесненных условиях, при транспортировке корпусных конструкций» [5];

«- особую опасность представляет кантовка деталей больших размеров в процессе сварки пазов и стыков» [5];

«- установка и удаление технологических креплений, жесткостей» [5];

«- вследствие упругих деформаций при выполнении указанных операций происходит явление разрыва и деформации конструкций» [5];

«- зачистные работы при подготовке кромок деталей под сварку ручными пневматическими машинами с абразивными кругами и борфрезами сопровождаются выбросом в окружающее пространство частиц абразива, окалин и металлической стружки. Все это создает опасность травмирования рабочих. В процессе этих работ также генерируются высокие уровни шума, а сам инструмент вибрирует, передавая вибрацию на руки работающих» [5].

«- при правке узлов, секций тепловым безударным или комбинированным методами происходит выделение газов, пыли, откалывания частиц металла, тепловое и световое излучение газового пламени» [5];

«- при сварочных и газосварочных работах происходит выделение высокой температуры, разбрызгивание жидкого металла, образование и выделение в окружающую среду токсичных веществ в виде пыли, сварочных аэрозолей (окислов металла), газов (озон, окислы азота) вредно влияющие на органы дыхания работающих» [5];

«- процессы электрической и особенно газоэлектрической сварки сопровождаются сильным ультрафиолетовым излучением, создающим опасность ожога глаз, как самих сборщиков, так и других работающих, на рабочие места которых достигает излучение.» [5].

Согласно ГОСТ 12.0.003 опасные и вредные производственные факторы подразделяются на 4 группы: физические; химические; биологические; психофизиологические.

«В случае сборочно-сварочных работ биологический фактор исключается» [2].

Опасный производственный фактор - это производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

Вредный производственный фактор - это производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

«Физические факторы включают» [2]:

- перемещающиеся изделия и конструкции при погрузочно-разгрузочных работах и транспортировании;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенный уровень вибрации;
- повышенная яркость света, повышенный уровень электромагнитных излучений, ультрафиолетовой радиации, взрыво-пожароопасность при сварке и газовой резке;
- повышенное значение напряжения электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека;
- острые кромки, заусеницы, шероховатость поверхностей конструкций;
- расположение рабочих мест на высоте относительно стапель-палубы;
- разлетающиеся осколки при разрушении абразивного инструмента;

- разлетающиеся брызги расплавленного металла при выполнении огневых работ (газовой резке, электросварке);

- повышенная или пониженная температура поверхности конструкции;

- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны.

Химические опасные и вредные факторы: наличие сварочных аэрозолей, повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.

«Химические факторы включают» [2]:

«- токсические (марганец, окись хрома, фтористый водород, окись углерода);

- раздражающие (окислы никеля, окислы азота, фтористый водород);

- сенсibiliзирующие (аллергические) (окислы хрома и никеля);

- канцерогенные (окислы хрома и никеля)» [2].

Химические факторы различаются по пути проникновения в организм человека - через органы дыхания и слизистые оболочки.

«Психофизиологические факторы:

- физические перегрузки - статические и динамические;

- нервно-психические перегрузки - монотонность труда, усталость, статические нагрузки» [2].

«Перед началом выполнения работ производственный мастер обязан проинструктировать работающий персонал о безопасных методах выполнения работ в объеме необходимых инструкций по технике безопасности по профессиям, с регистрацией в журнале инструктажа. Кроме того, в течение смены и в конце ее мастер обязан лично проверить на рабочем месте выполнение всех требований» [2].

«К выполнению сборочно-сварочных работ допускаются рабочие не моложе 18 лет, прошедшие соответствующее обучение и аттестацию» [2].

«Строповку, подъем и транспортировку электромостовыми грузоподъемными кранами могут производить такелажники и стропальщики, а также рабочие, прошедшие соответствующее обучение и аттестацию допущенные приказом администрации цеха к выполнению указанных работ» [2].

«Транспортировка и кантовка должна осуществляться в строгом соответствии со схемами, разработанными конструкторским отделом. Установка и приварка обухов должна быть принята ОТК» [2].

«При транспортировке, кантовке и работах с технологическими грузами все работающие должны быть удалены с пути транспортировки груза и места его кантовки» [2].

«Категорически запрещается стоять под застропленным грузом» [3].

«Перед кантовкой и транспортировкой очистить кантуемую конструкцию от мусора и незакрепленных предметов» [2].

«Категорически запрещается выполнение сварки на конструкциях застропованных грузоподъемными средствами и не имеющее полного контакта со стендом или заказом, которые должны иметь заземление» [6].

«Не допускается отдача приспособлений, отстроповка кранов и талей при установке конструкций, пока последние не будут надежно закреплены. К работе с приспособлениями, указанными выше, допускаются рабочие, прошедшие соответствующий инструктаж, ознакомленные с принципом действия и техническими характеристиками данных приспособлений и изучившим правила техники безопасности, предусмотренные инструкциями по эксплуатации приспособлений» [2].

«Все работы, где отсутствуют штатные леса должны производиться с временных лесов и других средств подмащивания» [2].

«При выполнении сборочных работ наблюдается повышенный уровень шумности, при этом всем рабочим и ИТР пользоваться защитными средствами для органов слуха - шумопоглощающими вкладышами из материала ФПП-Ш по ТУ 95.156» [2].

«При выполнении работ пневматическим инструментом строго соблюдать режим труда и отдыха, проходить медицинский контроль и профилактическое лечение (витаминация и массаж кистей рук)» [2].

«Сварочные работы определяются следующими опасными факторами: выделение при сварке вредных компонентов (пыль, газы, аэрозоли)

опасность поражения электрическим током световое излучение тепловое излучение, воздействие двуокиси углерода, используемой в качестве защитной среды» [6].

«При сварке в воздушную среду выделяется пыль, газы, аэрозоли металлов и их окислов. Все эти выделения имеют токсичное действие на организм человека. Озон - газ тяжелее воздуха, фиолетового цвета с резким запахом. Скапливается в нижней части помещения и может вызвать удушение, ожег легких» [6].

«Сварочная дуга, расплавленный металл при сварке являются источником светового излучения, может вызывать ожоги, временное ослепление. Тепловое излучение, нагрев металла до высоких температур, искры расплавленного металла, могут вызывать ожоги, общий перегрев организма» [6].

«Для защиты таблица 5 от воздействия пыли, аэрозолей во всех случаях производства электросварочных и газорезательных работ необходимо обязательно использовать индивидуальные отсосы вакуумной вентиляции и применять противопылевые респираторы ШБ-1 «Лепесток». При выполнении работ по зачистке и подготовке кромок применять «Лепесток - 40»» [6].

«Электросварочные работы должны производиться при наличии приточно-вытяжной вентиляции. Электросварщики должны иметь квалификационную группу по электробезопасности не ниже 2. При проведении электросварочных работ сварщик постоянно находится под воздействием электромагнитного поля и подвергается опасности поражения электрическим током» [6].

«Для исключения поражения электрическим током необходимо выполнять работу только на исправном оборудовании и исправленными токопроводящими кабелями. Все сварочные машины должны быть заземлены. Сварщик должен иметь резиновый коврик. Освещенность на рабочем месте должна быть не менее 50 люкс» [12].

Таблица 5 – «Классификации средств индивидуальной защиты» [12]

Наименование органов, защищаемых СИЗ	Наименование и обозначение СИЗ	Вредные факторы от которых защищают СИЗ
1. Органы дыхания	Дыхательный прибор АСМ-203	Защита от озона и окислов азота
	Респиратор ШБ-1 «Лепесток-200»	Вредные вещества, присутствующие в воздухе рабочей зоны в виде пыли при обеспечении ПДК по газообразным вредным веществам
	Респиратор фильтрующий противогазовый РПГ-67	От паров растворителей и спирта
	Универсальный защитный комплект НИВА-Э-2У Пневмополумаски ППМ-1	Вредные вещества, присутствующие в воздухе рабочей зоны в виде пыли, газа при превышении ПДК по газообразным вредным веществам
2. Защита частей тела	Костюм мужской для судосборщиков Костюм мужской для сварщиков	От механического воздействия, брызг расплавленного металла, пыли
3. СИЗ для рук	Рукавицы из кожаного спилка	От механического воздействия (проколов, порезов), брызг расплавленного металла
	Рукавицы виброзащитные тип Мв	От вибрации
	Перчатки резиновые ВпК20Щ20 тип Л	При работе с пылящими и раздражающими веществами, водой и малоагрессивными средствами
	Перчатки резиновые технические К50Щ20	Для защиты рук от растворителей

Продолжение таблицы 5:

Наименование органов, защищаемых СИЗ	Наименование и обозначение СИЗ	Вредные факторы от которых защищают СИЗ
4. СИЗ для ног	Ботинки мужские токонепроводящие Эп	От действия электрического поля, электростатических зарядов, электрических и электромагнитных полей
5. СИЗ для глаз	Очки защитные, закрытые с непрямой вентиляцией: ЗНР-12-Т;	От пыли, брызг, твердых частиц
	ЗНР-12 со светофильтрами Г-1, Г-2; ЗН-28-72 со светофильтрами (Г-1, Г-2, Г-3)	При газорезке и вспомогательных работах при электросварке от излучений
6. СИЗ для лица и глаз	Щиток универсальный УН	От излучений сварочной дуги, брызг расплавленного металла
7. СИЗ органов слуха	Наушники противозумные ККА	От средне- и высокочастотного шума с уровнем до 110-115 дБ, температура эксплуатации от -5°С до 40°С
	Вкладыши противозумные «Беруши»	От широкополосного шума до 105 дБ
8. СИЗ головы	Каска защитная	В помещениях и на открытом воздухе
9. СИЗ для защиты от падения работающих на высоте	Пояс предохранительный	От падения при работе на высоте

«Брызги расплавленного металла при попадании на горючие материалы могут вызвать пожар. От ожогов о нагретый металл и брызги расплавленного металла сварщик должен применять защитную одежду (брезентовый костюм, рукавицы, обувь)» [12].

«При сварке в среде защитного газа необходимо применять общеобменную вентиляцию. Рекомендуется применять сварочные горелки со встроенным отсосом типа ГСО. Все горелки и устройства, подающие газ в зону горелки, должны иметь клапаны или вентили для выключения подачи газа» [12].

«Для сварки в среде защитного газа нужно применять посты, имеющие устройства автоматического отключения газа при разрыве сварочной цепи. У входа в закрытое помещение на весь период пребывания в нем электросварщика обязательно выставлять наблюдающего, прошедшего инструктаж» [2].

Эффективности применения СИЗ органов слуха представлены в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 – «Наушники противошумные ККА» [12]

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Эффективность, дБ	7	11	16	23	32	35	34

Таблица 7 - Вкладыши противошумные «Беруши»

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Эффективность, дБ	15	18	18	24	26	26	31

«При сборочно-сварочных операциях постоянно происходит выброс в окружающую среду вредных веществ которые могут отрицательно сказываться на здоровье персонала. Источниками загрязнений атмосферы являются выполнение работ по зачистным работам при сборочных операциях и сварочных процесса используемых при изготовлении конструкции» [2].

Основные отходы и вредные вещества, образующиеся в производственном процессе при сборке, сварке приведены в таблицах 8, 9, 10 в них также описаны методы утилизации отходов и вредных веществ.

Таблица 8 – Вредные аэрозоли образующиеся в сварочном процессе

Применяемые материалы	Наименование загрязняющего вещества от источника выделения	ПДК загрязняющего вещества (для населенных мест)	Интенсивность выбросов от источника выделения	
			г/сек	т/год
Св-10ГН + АН-42	Сварочный аэрозоль	0,33	0,41	0,91
	Оксид железа	0,037	0,041	0,91
	Оксид марганца	0,012	0,0004	0,012
	Оксид углерода	2,2	0,03	0,3
	Диоксид азота	0,02	0,01	0,01
КРОН ПП 42-20	Сварочный аэрозоль	0,45	0,8	0,7
	Оксид железа	0,044	0,6	1,9
	Оксид марганца	0,08	0,007	0,07
	Оксид углерода	2,8	0,06	0,7
	Диоксид азота	0,8	0,05	0,06
D32	Сварочный аэрозоль	0,3	0,3	0,98
	Оксид железа	0,043	0,042	0,97
	Оксид марганца	0,001	0,00054	0,012
	Оксид углерода	3,1	0,03	0,3
	Диоксид азота	0,043	0,023	0,024

Таблица 9 – Жидкие отходы

Наименование оборудования, операции, материал	Объем образования стоков на единицу оборудования в год (в м <sup>3</sup> )	Характеристика сточных вод, концентрация (мг/л)	Отведение стоков
Вода водопроводная для охлаждения сварочного оборудования	254,0	Нормативно чистая	В производственную канализацию

Таблица 10 – Твердые отходы

Наименование операции, применяемого материала	Образование отходов (в % от используемого)	Характеристика отходов; химический состав	Класс опасности	Методы утилизации
Автоматическая сварка под слоем флюса	10,0	Остатки сварочной проволоки	втормет.	Переплав
Механизированная сварка в среде защитного газа	2,0	Остатки сварочной проволоки	втормет.	Переплав
Отходы и лом абразивного инструмента	1,1	Корунд (А10), карбид кремния,	4	Сбор в контейнеры

«Для совершенствования условий труда и охраны окружающей среды необходимо повышать качество контроля за соблюдением действующих норм стандартов, правил, инструкций и других официальных документов по технике безопасности, производственной санитарии, подлежащих выполнению в процессе проектирования, строительства и эксплуатации судов, морских сооружений, устройств машин и оборудования» [2].

## 5 Расчет экономической эффективности сборочно-сварочных работ

Нормирование – фиксирование трудозатрат в виде норм времени установленных на определенную технологическую задачу с наиболее рациональным подходом к ее решению.

Технологическая задача в свою очередь это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте и включающая все последовательные действия рабочего над предметом труда с целью его изменения.

«Для определения трудоемкости сборочных работ ( $T_{сб}$ , н/час) норма времени рассчитывается по следующей формуле 2» [17]:

$$T_{сб} = Q \cdot L \cdot K, \quad (2)$$

«где  $T_{сб}$  — штучно-калькуляционное время на выполнение операции, н/час;

$Q$  — количество деталей, шт.;

$L$  — длина сварного шва, м,

$K$  — коэффициент, определяющий сложность сварочных работ» [17]

«Для определения трудоемкости сварочных работ ( $T_{св}$ , н/час) норма времени рассчитывается по следующей формуле 3» [17]:

$$T_{св} = Q \cdot L \cdot K, \quad (3)$$

«где  $T_{св}$  — штучно-калькуляционное время на выполнение операции, н/час;

$Q$  — количество деталей, шт.;

$L$  — длина сварного шва, м,

$K$  — коэффициент, определяющий сложность сварочных работ» [17]

«Для определения трудоемкости изготовления сварной конструкции при выполнении сборочных и сварочных операций по применяемому технологическому процессу формируем таблицу 11 норм» [17].

«Для определения трудоемкости изготовления сварной конструкции при выполнении сборочных и сварочных операций с учетом предложенных способов изготовления формируем таблицу 12 норм» [17].

Таблица 11 – Расчетная таблица трудоемкости

Сборочные операции	Сварочные операции
Узел 1 - сборка и сварка листов секции с формированием полотна (дет. 1, дет. 2, дет. 3)	
<p>1 Сборка и сварка полотна палубной секции</p> <p>1.1 Нормы времени на укладку листов рассчитываются через определение полупериметра:</p> $P = L + b, (4)$ <p><math>P_1 = 2950 + 8700 = 11,65 \text{ м}</math> <math>Q = 1 \text{ шт.}</math>  <math>P_2 = 2420 + 8700 = 11,12 \text{ м}</math> <math>Q = 1 \text{ шт.}</math>  <math>P_3 = 2355 + 8700 = 11,05 \text{ м}</math> <math>Q = 1 \text{ шт.}</math></p> <p>Учитывая используемую толщину листов до 10 мм и среднее значение P до 12 м применим <math>t_i = 0,40 \text{ час.}</math></p> <p>В случае использования деталей без погиби <math>K = 1</math>.</p> $T_{укл} = t_i \cdot Q \cdot K$ <p><math>T_{укл-3} = 0,40 \cdot 3 \cdot 1 = 1,2 \text{ н/час.}</math></p> <p>1.2 Сборка стыков листов толщиной до 10 мм нормируется через <math>t_i = 0,44 \text{ час.}</math></p> <p>Длина всех двух стыковых соединений полотен составляет <math>L = 8,7 \cdot 2 = 17,4 \text{ м}</math></p> $T_{сти} = t_i \cdot L, (5)$ <p><math>T_{сти,2} = 0,44 \cdot 17,4 = 7,66 \text{ н/час.}</math></p> <p>Итоговые затраты трудоемкости на сборку:</p> $T_{общ} = T_{укл} + T_{сти}, (6)$ <p><math>T_{общ} = 1,2 + 7,66 = 8,86 \text{ н/час.}</math></p>	<p>1 Используемая сварка – автоматическая под слоем флюса. Учитывая разделку кромок не имеющую скоса кромок и двухсторонний шов сварки при толщине деталей не более 8 мм по группе I <math>t_i = 8,4 \text{ мин. на 1 метр}</math></p> <p>Длина всех двух стыковых соединений полотен составляет <math>L = 8,7 \cdot 2 = 17,4 \text{ м}</math></p> <p>Коэффициент (K) для сварки в нижнем положении со строжкой корня шва – 1.</p> $T_{св} = \frac{t_i \cdot L}{60} \cdot K, (7)$ $T_{св} = \frac{8,4 \cdot 17,4}{60} \cdot 1 = 2,44 \text{ н/час.}$
Узел 2 - сборка и сварка поперечного набора (бимсы), сборка и сварка продольного набора (карлингсы) - (детали 4/2, 5/2, 6, 7, 8, 9, 10/7, 11/7, 12/7, 13/7, 14/7, 15/7)	
<p>1 Сборочные операции пояска и полок на стенде дет.4/2, дет.5/2, дет.6, дет.7.</p> <p>Учитывая что высота таврового узла не более 1 м и толщина стенки не превышает 15 мм <math>t_i = 0,37 \text{ часа на 1 метр соединения.}</math></p> <p>Протяженность соединений  <math>L = 7,725 \cdot 2 + 7,58 = 23,03 \text{ м.}</math></p> <p>В случае использования деталей без погиби <math>K = 1</math>.</p> $T_{сб.уз.} = t_i \cdot Q \cdot K (8)$ <p><math>T_{сб.уз.} = 0,37 \cdot 23,03 \cdot 1 = 8,52 \text{ н/час.}</math></p> <p>2 Сборочные операции пояска и полок на стенде дет. 8, дет. 9.</p> <p>Учитывая что высота таврового узла не более 0,6 м и толщина стенки не превышает 15 мм <math>t_i = 0,31 \text{ часа на 1 метр соединения.}</math></p> <p>Протяженность соединения <math>L = 8,14 \text{ м.}</math></p>	<p>1 Сварочные операции пояска и полок на стенде дет.4/2, дет.5/2, дет.6, дет.7.</p> <p>При частично механизированной сварке с двух сторон одновременно толщиной стенки не более 16 мм II группы <math>t_i = 18 \text{ мин. на 1 метр соединения}</math></p> <p>Протяженность соединений  <math>L = (23,03 + 8,14) \cdot 2 = 62,34 \text{ м.}</math></p> <p>Коэффициент (K) для сварки в нижнем положении со строжкой корня шва – 1.</p> $T_{св} = \frac{t_i \cdot L}{60} \cdot K$ $T_{св} = \frac{18 \cdot 62,34}{60} \cdot 1 = 18,7 \text{ н/час.}$

Продолжение таблицы 11

Сборочные операции	Сварочные операции
<p>В случае использования деталей без погиби <math>K = 1</math>.</p> $T_{сб.уз.} = t_i \cdot Q \cdot K$ $T_{сб.уз.} = 0,31 \cdot 8,14 \cdot 1 = 2,52 \text{ н/час.}$ <p>3 Сборочные операции по размещению набора на полотне. Учитывая что высота таврового узла не более 1 м и толщина стенки не превышает 15 мм <math>t_i = 0,53</math> часа на 1 метр соединения. Общая длина соединений составляет: <math>L = 23,03</math> м. Коэффициент (К) для деталей без погиби - 1.</p> $T_{уст.} = t_i \cdot Q \cdot K$ $T_{уст.} = 0,53 \cdot 23,03 \cdot 1 = 12,2 \text{ н/час.}$ <p>4 Сборочные операции по размещению набора на полотне. Учитывая что высота таврового узла не более 0,6 м и толщина стенки не превышает 15 мм <math>t_i = 0,41</math> часа на 1 метр соединения. Протяженность соединений <math>L = 8,14</math> м. В случае использования деталей без погиби <math>K = 1</math>.</p> $T_{уст.} = t_i \cdot Q \cdot K$ $T_{уст.} = 0,41 \cdot 8,14 \cdot 1 = 3,33 \text{ н/час.}$	<p>2 Сварка полок и стенок таврового набора дет. 10/7, 11/7, 12/7, 13/7, 14/7, 15/7. При частично механизированной сварке с двух сторон одновременно толщиной стенки не более 10 мм II группы <math>t_i = 18</math> мин. на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = 54,07 \cdot 2 = 108,14</math> м. Коэффициент (К) для сварки в нижнем положении со строжкой корня шва – 1.</p> $T_{св.} = \frac{18 \cdot 108,14}{60} \cdot 1 = 32,44 \text{ н/час.}$ <p>3 Сварка таврового набора к полотну дет. 4/2, 5/2, 6, 7, 8, 9. При частично механизированной сварке с двух сторон одновременно толщиной стенки не более 16 мм II группы <math>t_i = 18</math> мин. на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = (23,03 + 8,14) \cdot 2 = 62,34</math> м. Коэффициент (К) для сварки в нижнем положении со строжкой корня шва – 1.</p> $T_{св.} = \frac{18 \cdot 62,34}{60} \cdot 1 = 18,7 \text{ н/час.}$
узел 3 – сборка секции в объем (узел 1, узел 2)	
<p>1 Сборка таврового набора на стенде дет. 10/7, 11/7, 12/7, 13/7, 14/7, 15/7. Учитывая что высота таврового узла не более 0,4 м и толщина стенки не превышает 10 мм <math>t_i = 0,25</math> часа на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = 1,365 \cdot 7 + 3,38 \cdot 7 + 2,98 \cdot 7 = 54,07</math> м. В случае использования деталей без погиби <math>K = 1</math>.</p> $T_{сб.уз.} = t_i \cdot Q \cdot K$ $T_{сб.уз.} = 0,25 \cdot 54,07 \cdot 1 = 13,51 \text{ н/час.}$	<p>1 Сварка таврового набора к полотну дет. 10/7, 11/7, 12/7, 13/7, 14/7, 15/7. При частично механизированной сварке с двух сторон одновременно толщиной стенки не более 10 мм II группы <math>t_i = 18</math> мин. на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = 54,07 \cdot 2 = 108,14</math> м. Коэффициент (К) для сварки в нижнем положении со строжкой корня шва – 1.</p> $T_{св.} = \frac{18 \cdot 108,14}{60} \cdot 1 = 32,44 \text{ н/час.}$ <p>2 Сварка стенок набора, при частично механизированной сварке с двух сторон одновременно толщиной стенки не более 10 мм I группы <math>t_i = 16</math> мин. на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = (0,24 \cdot 30) \cdot 2 = 144</math> м</p>

Продолжение таблицы 11

Сборочные операции	Сварочные операции
<p>2 Сборочные операции по размещению набора на полотне. Учитывая что высота таврового узла не более 0,3 м и толщина стенки не превышает 10 мм <math>t_i = 0,3</math> часа на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = 54,07</math> м. В случае использования деталей без погиби <math>K = 1</math>.</p> $T_{уст} = t_i \cdot Q \cdot K$ $T_{уст} = 0,3 \cdot 54,07 \cdot 1 = 16,22 \text{ н/час.}$	<p>Коэффициент (К) для сварки в вертикальном положении без строжки корня шва – 1,1. <math>T_{св} = \frac{16 \cdot 14,4}{60} \cdot 1,1 = 4,22 \text{ н/час.}</math></p> <p>3 Сварка стенок набора, при частично механизированной сварке с двух сторон одновременно толщиной стенки не более 16 мм I группы <math>t_i = 31</math> мин. на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = (0,94 \cdot 2) \cdot 2 = 3,76</math> м Коэффициент (К) для сварки в вертикальном положении без строжки корня шва – 1,1. <math>T_{св} = \frac{31 \cdot 3,76}{60} \cdot 1,1 = 2,13 \text{ н/час.}</math></p> <p>4 Сварка поясков набора, при частично механизированной сварке с двух сторон одновременно толщиной стенки не более 12 мм I группы <math>t_i = 22</math> мин. на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = (0,15 \cdot 30) \cdot 2 = 9</math> м Коэффициент (К) для сварки в нижнем положении со строжкой корня шва – 1. <math>T_{св} = \frac{22 \cdot 9}{60} \cdot 1 = 3,3 \text{ н/час.}</math></p> <p>5 Сварка поясков набора, при частично механизированной сварке с двух сторон одновременно толщиной стенки не более 20 мм I группы <math>t_i = 44</math> мин. на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = (0,55 \cdot 2) \cdot 2 = 2,2</math> м Коэффициент (К) для сварки в нижнем положении со строжкой корня шва – 1. <math>T_{св} = \frac{44 \cdot 2,2}{60} \cdot 1 = 1,61 \text{ н/час.}</math></p>

Принимается общая трудоемкость сборки и сварки секции 181,14 н/часов, в том числе, сборка секции 65,16 н/часов, сварка секции 115,98 н/часов.

Таблица 12 – Расчетная таблица трудоемкости

Сборочные операции	Сварочные операции
Узел 1 - сборка и сварка листов секции с формированием полотна (дет. 1, дет. 2, дет. 3)	
<p>1 Сборка и сварка полотна палубной секции</p> <p>1.1 Нормы времени на укладку листов рассчитываются через определение полупериметра:</p> $P = L + b,$ $P1 = 2950 + 8700 = 11,65 м \quad Q = 1 \text{ шт.}$ $P2 = 2420 + 8700 = 11,12 м \quad Q = 1 \text{ шт.}$ $P3 = 2355 + 8700 = 11,05 м \quad Q = 1 \text{ шт.}$ <p>Учитывая используемую толщину листов до 10 мм и среднее значение P до 12 м применим <math>t_i = 0,40</math> час.</p> <p>В случае использования деталей без погиби и дополнительной кантовки <math>K = 0,6</math>.</p> $T_{укл} = t_i \cdot Q \cdot K$ $T_{укл-3} = 0,40 \cdot 3 \cdot 0,6 = 0,72 \text{ н/час.}$ <p>1.2 Сборка стыков листов толщиной до 10 мм нормируется через <math>t_i = 0,44</math> час.</p> <p>Длина всех двух стыковых соединений полотен составляет <math>L = 8,7 \cdot 2 = 17,4</math> м</p> $T_{сти} = t_i \cdot L$ $T_{сти,2} = 0,44 \cdot 17,4 = 7,66 \text{ н/час.}$ <p>Итоговые затраты трудоемкости на сборку:</p> $T_{общ} = T_{укл} + T_{сти}$ $T_{общ} = 0,72 + 7,66 = 8,38 \text{ н/час.}$	<p>1 Используемая сварка – автоматическая под слоем флюса. Учитывая разделку кромок не имеющую скоса кромок и односторонний шов сварки при толщине деталей не более 8 мм по группе I <math>t_i = 8,4</math> мин. на 1 метр</p> <p>Длина всех двух стыковых соединений полотен составляет <math>L = 8,7 \cdot 2 = 17,4</math> м</p> <p>Коэффициент (K) для сварки в нижнем положении на керамической планке без строжки корня шва – 0,5.</p> $T_{св} = \frac{t_i \cdot L}{60} \cdot K$ $T_{св} = \frac{8,4 \cdot 17,4}{60} \cdot 0,5 = 1,22 \text{ н/час.}$
Узел 2 - сборка и сварка поперечного набора (бимсы), сборка и сварка продольного набора (карлингсы) - (детали 4/2, 5/2, 6, 7, 8, 9, 10/7, 11/7, 12/7, 13/7, 14/7, 15/7)	
<p>1 Сборочные операции пояска и полок на стенде дет.4/2, дет.5/2, дет.6, дет.7.</p> <p>Учитывая что высота таврового узла не более 1 м и толщина стенки не превышает 15 мм <math>t_i = 0,37</math> часа на 1 метр соединения.</p> <p>Протяженность соединений <math>L = 7,725 \cdot 2 + 7,58 = 23,03</math> м.</p> <p>В случае использования деталей без погиби <math>K = 1</math>.</p> $T_{сб.уз.} = t_i \cdot Q \cdot K$ $T_{сб.уз.} = 0,37 \cdot 23,03 \cdot 1 = 8,52 \text{ н/час.}$ <p>2 Сборочные операции пояска и полок на стенде дет. 8, дет. 9.</p> <p>Учитывая что высота таврового узла не более 0,6 м и толщина стенки не превышает 15 мм <math>t_i = 0,31</math> часа на 1 метр соединения.</p> <p>Протяженность соединения <math>L = 8,14</math> м.</p>	<p>1 Сварочные операции пояска и полок на стенде дет.4/2, дет.5/2, дет.6, дет.7.</p> <p>При частично механизированной сварке с одной стороны толщиной стенки не более 16 мм II группы <math>t_i = 18</math> мин. на 1 метр соединения</p> <p>Протяженность соединений <math>L = (23,03 + 8,14) \cdot 2 = 62,34</math> м.</p> <p>Коэффициент (K) для сварки в нижнем положении на керамической планке без строжки корня шва – 0,5.</p> $T_{св} = \frac{t_i \cdot L}{60} \cdot K$ $T_{св} = \frac{18 \cdot 62,34}{60} \cdot 0,5 = 9,35 \text{ н/час.}$

Продолжение таблицы 12

Сборочные операции	Сварочные операции
<p>В случае использования деталей без погиби <math>K = 1</math>.</p> $T_{сб.уз.} = t_i \cdot Q \cdot K$ $T_{сб.уз.} = 0,31 \cdot 8,14 \cdot 1 = 2,52 \text{ н/час.}$ <p>3 Сборочные операции по размещению набора на полотне. Учитывая что высота таврового узла не более 1 м и толщина стенки не превышает 15 мм <math>t_i = 0,53</math> часа на 1 метр соединения. Общая длина соединений составляет: <math>L = 23,03</math> м. Коэффициент (К) для деталей без погиби - 1.</p> $T_{уст.} = t_i \cdot Q \cdot K$ $T_{уст.} = 0,53 \cdot 23,03 \cdot 1 = 12,2 \text{ н/час.}$ <p>4 Сборочные операции по размещению набора на полотне. Учитывая что высота таврового узла не более 0,6 м и толщина стенки не превышает 15 мм <math>t_i = 0,41</math> часа на 1 метр соединения. Протяженность соединений <math>L = 8,14</math> м. В случае использования деталей без погиби <math>K = 1</math>.</p> $T_{уст.} = t_i \cdot Q \cdot K$ $T_{уст.} = 0,41 \cdot 8,14 \cdot 1 = 3,33 \text{ н/час.}$	<p>2 Сварка полок и стенок таврового набора дет. 10/7, 11/7, 12/7, 13/7, 14/7, 15/7. При частично механизированной сварке с одной стороны толщиной стенки не более 10 мм II группы <math>t_i = 18</math> мин. на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = 54,07 \cdot 2 = 108,14</math> м. Коэффициент (К) для сварки в нижнем положении на керамической планке без строжки корня шва – 0,5.</p> $T_{св.} = \frac{18 \cdot 108,14}{60} \cdot 0,5 = 16,22 \text{ н/час.}$ <p>3 Сварка таврового набора к полотну дет. 4/2, 5/2, 6, 7, 8, 9. При частично механизированной сварке с одной стороны толщиной стенки не более 16 мм II группы <math>t_i = 18</math> мин. на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = (23,03 + 8,14) \cdot 2 = 62,34</math> м. Коэффициент (К) для сварки в нижнем положении двумя проволоками без строжки корня шва – 0,5.</p> $T_{св.} = \frac{18 \cdot 62,34}{60} \cdot 0,5 = 9,35 \text{ н/час.}$
узел 3 – сборка секции в объем (узел 1, узел 2)	
<p>1 Сборка таврового набора на стенде дет. 10/7, 11/7, 12/7, 13/7, 14/7, 15/7. Учитывая что высота таврового узла не более 0,4 м и толщина стенки не превышает 10 мм <math>t_i = 0,25</math> часа на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = 1,365 \cdot 7 + 3,38 \cdot 7 + 2,98 \cdot 7 = 54,07</math> м. В случае использования деталей без погиби <math>K = 1</math>.</p> $T_{сб.уз.} = t_i \cdot Q \cdot K$ $T_{сб.уз.} = 0,25 \cdot 54,07 \cdot 1 = 13,51 \text{ н/час.}$	<p>1 Сварка таврового набора к полотну дет. 10/7, 11/7, 12/7, 13/7, 14/7, 15/7. При частично механизированной сварке с одной стороны толщиной стенки не более 10 мм II группы <math>t_i = 18</math> мин. на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = 54,07 \cdot 2 = 108,14</math> м. Коэффициент (К) для сварки в нижнем положении на керамической планке без строжки корня шва – 0,5.</p> $T_{св.} = \frac{18 \cdot 108,14}{60} \cdot 0,5 = 16,22 \text{ н/час.}$ <p>2 Сварка стенок набора, при частично механизированной сварке с двух сторон одновременно толщиной стенки не более 10 мм I группы <math>t_i = 16</math> мин. на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = (0,24 \cdot 30) \cdot 2 = 144</math> м</p>

Продолжение таблицы 12

Сборочные операции	Сварочные операции
<p>2 Сборочные операции по размещению набора на полотне. Учитывая что высота таврового узла не более 0,3 м и толщина стенки не превышает 10 мм <math>t_i = 0,3</math> часа на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = 54,07</math> м. В случае использования деталей без погиби <math>K = 1</math>. <math display="block">T_{\text{уст}} = t_i \cdot Q \cdot K</math> <math>T_{\text{уст}} = 0,3 \cdot 54,07 \cdot 1 = 16,22</math> н/час.</p>	<p>Коэффициент (К) для сварки в вертикальном положении без строжки корня шва – 1,1. <math display="block">T_{\text{св}} = \frac{16 \cdot 14,4}{60} \cdot 1,1 = 4,22</math> н/час.</p> <p>3 Сварка стенок набора, при частично механизированной сварке с двух сторон одновременно толщиной стенки не более 16 мм I группы <math>t_i = 31</math> мин. на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = (0,94 \cdot 2) \cdot 2 = 3,76</math> м Коэффициент (К) для сварки в вертикальном положении без строжки корня шва – 1,1. <math display="block">T_{\text{св}} = \frac{31 \cdot 3,76}{60} \cdot 1,1 = 2,13</math> н/час.</p> <p>4 Сварка поясков набора, при частично механизированной сварке с двух сторон одновременно толщиной стенки не более 12 мм I группы <math>t_i = 22</math> мин. на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = (0,15 \cdot 30) \cdot 2 = 9</math> м Коэффициент (К) для сварки в нижнем положении на керамической планке без строжки корня шва – 0,5. <math display="block">T_{\text{св}} = \frac{22 \cdot 9}{60} \cdot 0,5 = 1,65</math> н/час.</p> <p>5 Сварка поясков набора, при частично механизированной сварке с одной стороны толщиной стенки не более 20 мм I группы <math>t_i = 44</math> мин. на 1 метр соединения Протяженность соединений <math>L = (0,55 \cdot 2) \cdot 2 = 2,2</math> м Коэффициент (К) для сварки в нижнем положении на керамической планке без строжки корня шва – 0,5. <math display="block">T_{\text{св}} = \frac{44 \cdot 2,2}{60} \cdot 0,5 = 0,85</math> н/час.</p>

Принимается общая трудоемкость сборки и сварки секции 125,89 н/часов, в том числе, сборка секции 64,68 н/часов, сварка секции 61,21 н/часов таблица 13.

Сводная таблица трудоемкости сборочных и сварочных работ по разработанному и разрабатываемому технологическому процессу формируется исходя из выполненных расчетов таблиц 11 и 12.

Таблица 13 – Сводная таблица трудоемкости

Наименование операции	Трудоемкость по разработанному технологическому проекту, н/часов	Трудоемкость по разрабатываемому технологическому проекту, н/часов	Изменения, н/часов
Сборка общая	65,16	64,68	-0,48
Сварка общая	115,98	61,21	-54,77
Итого	181,14	125,89	-55,25

«Количество сварочных материалов определяется по формуле 9» [17].

$$M_{CM} = m \cdot 10^{-3} \cdot k_{нормы} \cdot k_{перехода}, \quad (9)$$

«где,  $k_{нормы} = 25$  - норматив массы наплавленного металла на 1 т массы проката, кг;

$k_{перехода} = 1,72$  - коэффициент перехода для ручной дуговой сварки;

$k_{перехода} = 1,05$  - коэффициент перехода для автоматической сварки;

$k_{перехода} = 1,35$  - коэффициент расчета нормы флюса;

$k_{перехода} = 1,14$  - коэффициент перехода для механизированной сварки проволокой сплошного сечения;

$k_{перехода} = 1,2$  - коэффициент перехода для механизированной сварки порошковой проволокой;

$k_{нормы\ газa} = 1,6$  - коэффициент расхода газов ( $CO_2$ );

$k_{нормы\ расхода\ углей} = 20$  шт. на 1 т массы металла» [17].

Расчет сварочных материалов по разработанному технологическому процессу при массе конструкции  $m = 12409$  кг:

$$M_{CM.РДС} = 12409 \cdot 10^{-3} \cdot 10\% \cdot 32 \cdot 1,72 = 68,29 \text{ кг} \approx 68 \text{ кг}$$

$$M_{CM.АВТ} = 12409 \cdot 10^{-3} \cdot 15\% \cdot 32 \cdot 1,05 = 62,5 \text{ кг} \approx 63 \text{ кг}$$

$$M_{CM.ФЛЮС} = 12409 \cdot 10^{-3} \cdot 15\% \cdot 32 \cdot 1,35 = 80,35 \text{ кг} \approx 80 \text{ кг}$$

$$M_{CM.MEX} = 12409 \cdot 10^{-3} \cdot 75\% \cdot 32 \cdot 1,14 = 339,5 \text{ кг} \approx 340 \text{ кг}$$

$$M_{CM.CO2} = 12409 \cdot 10^{-3} \cdot 75\% \cdot 32 \cdot 1,6 = 476,49 \text{ кг} \approx 477 \text{ кг}$$

$$M_{УГЛИ} = 12409 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 248,18 \text{ шт.} \approx 248 \text{ шт.}$$

Расчет сварочных материалов по разработанному технологическому процессу при массе конструкции  $m = 12409$  кг:

$$M_{CM.ABT} = 12409 \cdot 10^{-3} \cdot 15\% \cdot 32 \cdot 1,05 = 62,5 \text{ кг} \approx 63 \text{ кг}$$

$$M_{CM.ФЛЮС} = 12409 \cdot 10^{-3} \cdot 15\% \cdot 32 \cdot 1,35 = 80,35 \text{ кг} \approx 80 \text{ кг}$$

$$M_{CM.MEX} = 12409 \cdot 10^{-3} \cdot 85\% \cdot 32 \cdot 1,2 = 405,02 \text{ кг} \approx 405 \text{ кг}$$

$$M_{CM.CO2} = 12409 \cdot 10^{-3} \cdot 75\% \cdot 32 \cdot 1,6 = 476,49 \text{ кг} \approx 540 \text{ кг}$$

Таблица 14 - Стоимость использованных материалов

Наименование	Марка материала	ЕИ	Количество, кг	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Электроды	УОНИИ-13/55Р	кг	68,0	180,0	12240,0
Проволока	Св-10ГН	кг	63,0	220,0	13860,0
Проволока	Св-08Г2С	кг	340,0	280,0	95200,0
Газ	СО2	кг	477,0	320,0	152640,0
Флюс	АН-42	кг	80,0	360,0	28800,0
Угли	ВДК 8	шт.	248,0	80,0	19840,0
Сталь	D32	кг	12409,0	160,0	1985440,0
ИТОГО:					2308020,0

Таблица 15 - Стоимость используемых материалов

Наименование	Марка материала	ЕИ	Количество, кг	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Проволока	Св-10ГН	кг	63,0	220,0	13860,0
Проволока	КРОН ПП 42-20	кг	405,0	460,0	186300,0
Газ	СО2	кг	540,0	320,0	172800,0
Флюс	АН-42	кг	80,0	360,0	28800,0
Подкладка	Керамика	м	370,0	105,0	38850,0
Сталь	D32	кг	12409,0	160,0	1985440,0
ИТОГО:					2426050,0

«Затраты на основные и вспомогательные материалы ( $C_M$ ) рассчитываются по формуле 10» [17]:

$$C_M = (1 + K_{ТЗР}) \cdot C_{ОСН.МАТ}, \quad (10)$$

где  $K_{ТЗР} = 0,05$  - коэффициент, учитывающий транспортные расходы;

$$C_{M1} = (1 + 0,05) \cdot 2308020,00 = 2423421,00 \text{ руб.}$$

$$C_{M2} = (1 + 0,05) \cdot 2426050,00 = 2547352,50 \text{ руб.}$$

«Затраты на электроэнергию ( $C_э$ ) определяются по формуле 11» [17]:

$$C_э = M_{II} \cdot K_M \cdot T \cdot Ц, \quad (11)$$

где  $M_{II} = 200$  кВт - мощность установленного электрооборудования;

$K_M = 0,8$  - коэффициент использования мощности;

$T_1 = 115,98$  ч - время работы электрооборудования;

$T_2 = 61,21$  ч - время работы электрооборудования;

$Ц = 7$  руб. - цена 1 кВт/час электроэнергии.

$$C_{э1} = 200 \cdot 0,8 \cdot 115,98 \cdot 7 = 129897,60 \text{ руб.}$$

$$C_{э2} = 200 \cdot 0,8 \cdot 61,21 \cdot 7 = 68555,20 \text{ руб.}$$

«Расчёт основной заработной платы основного персонала производственных рабочих ( $C_{OЗ}$ ) производим по формуле 12» [17]:

$$C_{OЗ} = T \cdot C_T \cdot K_{np} \cdot K_{доп} \cdot K_c, \quad (12)$$

где  $T_1 = 181,14$  н/часов - трудоемкость изготовления секции;

$T_2 = 125,89$  н/часов - трудоемкость изготовления секции;

$C_T = 700$  руб./час - тарифная ставка.

$K_{np}$ - коэффициент, учитывающий размер премии,  $K_{np}=1,1$ ;

$K_{доп}$ - коэффициент доплат,  $K_{доп}=1,14$ ;

$K_c$ - коэффициент, учитывающий льготы севера,  $K_c=2,2$ :

$$C_{O31} = 181,14 \cdot 700 \cdot 1,1 \cdot 1,14 \cdot 2,2 = 349810,32 \text{ руб.}$$

$$C_{O32} = 125,89 \cdot 700 \cdot 1,1 \cdot 1,14 \cdot 2,2 = 243113,73 \text{ руб.}$$

«При расчете дополнительной заработной платы производственных рабочих ( $C_{ДЗ}$ ) учитывается, что в нее входят выплаты за очередные и дополнительные отпуска, оплата учебных отпусков, выплаты за не проработанное время; компенсационные выплаты, связанные с условиями труда; доплаты, обусловленные районным регулированием оплаты труда; доплаты до среднего заработка; премии и вознаграждения по итогам работы за год и другие выплаты, не входящие в оплату основных производственных рабочих» [17]. Дополнительную заработную плату принимаем 70% от ( $C_{O3}$ ).

$$C_{ДЗ1} = 0,7 \cdot 349810,32 = 244867,23 \text{ руб.}$$

$$C_{ДЗ2} = 0,7 \cdot 243113,73 = 170179,61 \text{ руб.}$$

Страховые взносы ( $C_{СВ}$ ) – 30,7 %. Включают в себя отчисления в: пенсионный фонд РФ 22,0 %; фонд социального страхования РФ 2,90%; Федеральный фонд обязательного медицинского страхования 5,10 % и на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний 0,7%. Все перечисленные расходы рассчитываются от суммы основной и дополнительной заработной платы рабочих.

$$C_{СВ} = 0,307 \cdot (C_{O3} + C_{ДЗ}), \quad (13)$$

$$C_{СВ1} = 0,307 \cdot (349810,32 + 244867,23) = 182566,01 \text{ руб.}$$

$$C_{СВ2} = 0,307 \cdot (243113,73 + 170179,61) = 126881,06 \text{ руб.}$$

Расходы на ремонт, содержание и эксплуатацию оборудования ( $C_{РСЭО}$ ) 150% от основной заработной платы рабочих:

$$C_{РСЭО} = 1,5 \cdot C_{O3}, \quad (14)$$

$$C_{РСЭО1} = 1,5 \cdot 349810,32 = 3524715,48 \text{ руб.}$$

$$C_{PCЭО2} = 1,5 \cdot 243113,73 = 364670,60 \text{ руб.}$$

«Цеховые расходы (  $C_{ЦЕХ}$  ) включают в основном затраты по управлению производством и общехозяйственные расходы. В их состав включаются расходы на содержание общецехового персонала, зданий, сооружений, затраты на испытания, опыты, исследования, рационализацию и изобретательство, охрану труда и прочие расходы» [17]. Цеховые расходы - 120% от основной заработной платы производственных рабочих:

$$C_{ЦЕХ} = 1,2 \cdot C_{ОЗ}, \quad (15)$$

$$C_{ЦЕХ1} = 1,2 \cdot 349810,32 = 419772,39 \text{ руб.}$$

$$C_{ЦЕХ2} = 1,2 \cdot 243113,73 = 291736,48 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты, расходуемые цехом на изготовление конструкции составляют цеховую себестоимость (  $C_{Ц}$  ):

$$C_{Ц} = C_{М} + C_{Э} + C_{ОЗ} + C_{ДЗ} + C_{СВ} + C_{PCЭО} + C_{ЦЕХ}, \quad (16)$$

$$C_{Ц1} = 2423421,00 + 129897,60 + 349810,32 + 244867,23 + 182566,01 + 524715,48 + 419772,39 = 4275050,03 \text{ руб.}$$

$$C_{Ц2} = 2547352,50 + 68555,20 + 243113,73 + 170179,61 + 126881,06 + 364670,60 + 291736,48 = 3812489,18 \text{ руб.}$$

«Расходы, связанные с деятельностью предприятия в целом (оплата труда работников аппарата управления предприятием и прочего общезаводского персонала, отчисления на социальные нужды, амортизация, расходы на содержание и текущий ремонт общезаводских основных фондов; затраты на испытания и опыты, содержание общезаводских лабораторий, на изобретательство, на охрану труда, на подготовку кадров, на организованный набор рабочих и др.) относятся к общезаводским расходам (  $C_{ОР}$  ) - 75% от основной заработной платы производственных рабочих» [17]:

$$C_{ОР} = 0,75 \cdot C_{ОЗ}, \quad (17)$$

$$C_{OP1} = 0,75 \cdot 349810,32 = 262357,74 \text{ руб.}$$

$$C_{OP2} = 0,75 \cdot 243113,73 = 182335,30 \text{ руб.}$$

«Заводская стоимость ( $C_3$ ) включает цеховую себестоимость и сумму общезаводских расходов на одну конструкцию» [17]:

$$C_3 = C_{Ц} + C_{OP}, \quad (18)$$

$$C_{31} = 4275050,03 + 262357,74 = 4537407,77 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = 3812489,18 + 182335,30 = 3994824,48 \text{ руб.}$$

«Внепроизводственные расходы ( $C_{BP}$ ) включают затраты на реализацию продукции. Сумма внепроизводственных расходов, приходящихся на одну конструкцию, составляет 5% от заводской себестоимости конструкции» [17]:

$$C_{BP} = 0,05 \cdot C_3, \quad (19)$$

$$C_{BP1} = 0,05 \cdot 4537407,77 = 226870,39 \text{ руб.}$$

$$C_{BP2} = 0,05 \cdot 3994824,48 = 199741,22 \text{ руб.}$$

«В прочие расходы ( $P_{ПР}$ ) включаются: износ малоценных и быстроизнашивающихся инструментов и приспособлений, расходы на другие цели, не вошедшие в перечисленные выше статьи расходов. Сумма прочих расходов составляет 6 % от заводской себестоимости» [17]:

$$P_{ПР} = 0,06 \cdot C_3, \quad (20)$$

$$P_{ПР1} = 0,06 \cdot 4537407,77 = 272244,47 \text{ руб.}$$

$$P_{ПР2} = 0,06 \cdot 3994824,48 = 239689,47 \text{ руб.}$$

«Полная себестоимость изготовления ( $C_{пол}$ ) состоит из суммы заводской себестоимости и внепроизводственных расходов, приходящихся на одну единицу конструкции» [17]:

$$C_{пол} = C_3 + C_{BP} + P_{ПР}, \quad (21)$$

$$C_{пол1} = 4537407,77 + 226870,39 + 272244,47 = 5036522,62 \text{ руб.}$$

$$C_{пол2} = 3994824,48 + 199741,22 + 239689,47 = 4434255,17 \text{ руб.}$$

Таблица 16 – Сравнительная таблица технико-экономических показателей

Показатели	ЕИ	Использ- зуемые	Принятые	Изменение	
				Абсолют- ное	Относи- тельное
Трудоёмкость	н/часов	181,14	125,89	-55,25	-30,50
Стоимость электроэнергии	тыс. руб.	129,90	68,56	-61,34	-47,22
Основная заработная плата	тыс. руб.	349,81	243,11	-106,70	-30,50
Дополнительная заработная плата	тыс. руб.	244,87	170,18	-74,69	-30,50
Страховые взносы	тыс. руб.	182,57	126,88	-55,68	-30,50
Отчисления на ремонт, содержание и эксплуатацию оборудования	тыс. руб.	524,72	364,67	-160,04	-30,50
Цеховые расходы	тыс. руб.	419,77	291,74	-128,04	-30,50
Цеховая себестоимость	тыс. руб.	4275,05	3812,49	-462,56	-10,82
Общезаводские расходы	тыс. руб.	262,36	182,34	-80,02	-30,50
Заводская себестоимость	тыс. руб.	4537,41	3994,82	-542,58	-11,96
Внепроизводственные расходы	тыс. руб.	226,87	199,74	-27,13	-11,96
Прочие расходы	тыс. руб.	272,24	239,69	-32,55	-11,96
Полная себестоимость	тыс. руб.	5036,52	4434,26	-602,27	-11,96

В экономической части выполнен сравнительный анализ разработанного и разрабатываемого технологического процесса. Исходя из данных таблицы 16 можем сделать вывод, что себестоимость секции стала меньше.

## Заключение

Для снижения трудоемкости предложено внедрить ряд мероприятий в сборочно-сварочный процесс применив керамические подкладные планки для одновременного формирования сварного шва с лицевой и обратной стороны, тем самым, исключив трудоемкую операцию механической выборки корня шва, наложения подварочного шва перед автоматической сваркой, кантовки узлов для сварки с обратной стороны и дополнительных сборочных операций по раскреплению конструкции.

Также для снижения трудоемкости предложено использовать более современное сварочное оборудование с адаптивными режимами сварки.

Вышеизложенные факторы и послужили основанием выбора темы данного проекта «Технология и оборудование для изготовления настила и набора палубы».

Секция палубы является конструктивным элементом корпуса морского буксира DAMEN ASD Tug 3110 проекта 030 в районе 0-8 шпангоутов.

В экономической части выполнен анализ целесообразности внедрения принятого технологического процесса.

Полная себестоимость изготовления по разработанному технологическому процессу составила 5036,52 тыс. руб., трудоемкость изготовления составляет 181,14 н/часов.

С учетом принятых мероприятий и технологических решений себестоимость изготовления составила 4434,26 тыс. руб., что соответствует снижению себестоимости на 11,96 %, а трудоемкость 125,89 н/часов, что соответствует уменьшению на 30,5 %.

Таким образом, цель выпускной квалификационной работы (снижения себестоимости путем обоснования внедряемых технически обоснованных решений, напрямую повлиявших на процесс изготовления выбранной конструкции с экономически доказуемым эффектом) была достигнута.

## Список используемой литературы

1. ГОСТ14771-76 «Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры».
2. ГОСТ 12.0.003-86 Система стандартов безопасности труда.
3. ГОСТ5521-93 «Прокат стальной для судостроения. Технические условия».
4. ГОСТ8713-79 «Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры».
5. ОСТ5.9092-91 «Корпуса стальных судов. Основные положения по технологии изготовления».
6. ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ. Работы электросварочные. Требования безопасности.
7. ОСТ5.9613-84 «Корпуса металлические надводных судов. Проверочные работы при изготовлении на построечном месте».
8. ОСТ5Р.1093-91 «Соединения сварные стальных корпусных конструкций надводных судов. Правила контроля».
9. ОСТ5Р.9768-89 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Ультразвуковой метод».
10. РД5.121-85 «Корпуса металлических судов. Методика проведения визуального и измерительного контроля сварных соединений».
11. РД5.1078-76 «Корпусные конструкции металлических судов. Исправление дефектных участков сварных соединений. Основные положения».
12. ГОСТ 12.4.011-89 «ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация»
13. Галушкина В.Н. Технология производства сварных конструкций: учебник / В.Н. Галушкина. – Москва: Академия, 2017. – 192 стр.

14. Лупачёв В.Г. Общая технология сварочного производства [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Г. Лупачёв.– Москва: ИНФРА-М, 2015 – 288 стр.

15. Овчинников В.В. Оборудование, техника и технология сварки и резки металлов: учебник / В.В. Овчинников. – Москва: КНОРУС, 2016 – 304 стр.

16. Овчинников В.В. Производство сварных конструкций [Электронный ресурс]: учебник / В.В. Овчинников. – Москва: ИНФРА-М, 2015. – 288 с. - Доступ из ЭБС ZNANIUM.COM – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=500249>

17. Овчинников В.В. Расчет и проектирование сварных конструкций: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / В.В. Овчинников – Москва: Академия, 2015. – 230 стр.

18. Милютин В.С. Источники питания и оборудование для электрической сварки плавлением: учебное пособие для образовательных учреждений среднего профессионального образования / В.С. Милютин – Москва: Академия, 2010 – 375 стр.

19. Овчинников В.В. Справочник техника-сварщика [Электронный ресурс] / В.В. Овчинников. – Москва: ИНФРА-М, 2014. – 304 с.

20. Овчинников В.В. Оборудование, техника и технология сварки и резки металлов: учебник / В.В. Овчинников. – Москва: КНОРУС, 2016 – 304 стр.

21. Овчинников В.В. Технология изготовления сварных конструкций [Электронный ресурс]: учебник / В.В. Овчинников. – Москва: ИНФРА – М, 2015. – 208 стр. - Доступ из ЭБС ZNANIUM.COM – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=503310>

22. Овчинников В.В. Современные материалы для сварных конструкций: учебное пособие для образовательных учреждений среднего профессионального образования / В.В. Овчинников. – Москва: Академия, 2013. – 304 стр.