

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет «Материаловедение и металлургические технологии»
Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА
Рецензент

Должность, место работы

Подпись

И.О. Фамилия

« ____ » _____ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

М.А. Иванов

« ____ » _____ 2018 г.

Совершенствование технологии сварки шпунтовых панелей ПШС 50/150

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ)**

Руководитель ВКР

Тиньгаев А.К.,

Подпись

И.О., Фамилия

« ____ » _____ 2018 г.

Автор ВКР

магистрант группы П-246

Козлов Сергей
Сергеевич

« ____ » _____ 2018 г.

Нормоконтролёр
преподаватель

Ю.В. Безганс

« ____ » _____ 2018 г.

Челябинск, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ	
1.1 Анализ конструкции ПШС 50/150.....	7
1.2 Материал ПШС 50/150 и его свариваемость.....	15
1.3 Условия эксплуатации изделия ПШС 50/150.....	17
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	
2.1 Базовый вариант технологического процесса	18
2.2 Проектируемый вариант технологического процесса	21
2.3 Выбор способа сварки	22
2.4 Выбор сварочных материалов	29
2.5 Расчет режимов сварки	34
2.6 Выбор сборочного и сварочного оборудования.....	39
2.6.1 Выбор сварочной установки.....	39
3 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ	
3.1 Актуальность.....	42
3.2 Состояние вопроса исследования	43
3.3 Цель и задачи исследования.....	44
3.4 План эксперимента	45
3.5 Методика и результаты эксперимента.....	46
3.6 Выводы по разделу	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	84
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	85

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

ВВЕДЕНИЕ

В данной работе рассмотрена проведено исследование влияния режимов наложения сварных швов на коробление детали, предложен оптимальный порядок наложения сварных швов значительно уменьшающий коробление. Исследована возможность сварки шпунтовых панелей с конструктивным непроваром, а также влияние этого непровара на конструкцию шпунтовой панели 50/150.

Панели являются готовыми фрагментами шпунтовой стены, укрупнёнными монтажными элементами. Их изготавливают из стальной полосы, соединяемой продольными сварными швами.

Ограждения из шпунта широко применяются при строительстве фундаментов опор мостов, регуляционных сооружений и подпорных стен, а также стен станций метрополитенов и тоннелей, возводимых открытым способом.

1. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Анализ сварной шпунтовой панели ПШС 50/150

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Конструкции из стального шпунта (рисунок 1.1) применяют в различных транспортных сооружениях свыше 100 лет, это обусловлено рациональностью в различных гидрогеологических условиях строительства. Значение имеет и то обстоятельство, что шпунтовые конструкции компонуются из элементов полной заводской готовности. Это достоинство оценивается как весьма существенное по сравнению со шпунтом из других материалов, как в части удельных трудозатрат на строительные-монтажные работы, так и продолжительности строительства.



Рисунок. 1.1 – Шпунтовая стена

В настоящее время можно выделить три основные тенденции развития шпунтового производства за рубежом:

- увеличение ширины горячекатаных профилей с целью снижения удельной металлоёмкости;
- применение стали более высоких классов прочности;
- создание сварных комбинированных сечений из горячекатаных профилей.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Сортамент, изготавливаемых в СССР шпунтовых профилей, обладал несущей способностью, которая позволяла применять его для строительства на глубине 6-8 метров. В основном это были горячекатаные корытные профили Л-4 и Л-5 производства Днепровского металлургического комбината в Украине. Данные профили изготавливали из углеродистой стали марки СтЗкп с низким (230 МПа) пределом текучести и ненормируемой ударной вязкостью при отрицательной температуре, что не позволяло применять их в северной климатической зоне. По сравнению с эквивалентными по удельному расходу стали зарубежными профилями Л-4 и Л-5 имели существенно меньшую несущую способность. На предприятиях России стальной шпунт не производился. Отсутствие в современных условиях отечественного производства профилей стального шпунта определённым образом сдерживало техническое развитие транспортного строительства. Поэтому в конце 70-х годов начаты разработки конструкции и технологии производства новых эффективных шпунтовых профилей высокой несущей способности. Перед разработчиками стояли следующие основные задачи:

- создание ряда профилей, обеспечивающих в стене момент сопротивления до 10000 см^3 на 1 м её протяжённости;
- достижение показателей эффективности использования стали в профилях не ниже, чем у зарубежных профилей;
- переход при производстве шпунта на углеродистую сталь марки СтЗсп, а в последующем на низколегированную сталь.

Работу вели по двум направлениям: горячекатаные профили и профили прокатно-сварные. Общая стратегия работ предусматривала увеличение момента сопротивления горячекатаного шпунта до технологически достижимого предела $5000 - 7000 \text{ см}^3/\text{м}$, а для более высоких значений момента сопротивления - переход на шпунт в прокатно-сварном исполнении.

Проработку конструкции и технологии производства горячекатаных шпунтовых профилей высокой несущей способности вели как для корытной, так и для зетовой формы сечения. Первым производственным результатом работы

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

стало освоение в 1984 г. Днепровским металлургическим комбинатом (г. Днепродзержинск, Украина) корытного профиля Л-7 с моментом сопротивления $5000 \text{ см}^3/\text{м}$. Освоение производства прокатно-сварного шпунта ШЗП зетовой формы сечения началось в 1984 г на Курганском заводе металлических мостовых конструкций по разработкам институтов ЦНИС, ИЭС им. Патона и Союзморниипроект. Профили ШЗП получали сваркой трёх элементов: стенки из полосовой стали и двух фасонных катаных полок, содержащих замки. Сортамент профилей ШЗП состоял из 9 наименований с моментом сопротивления от 7110 до $14730 \text{ см}^3/\text{м}$ с показателем эффективности использования стали от 24.2 до 39.5 $\text{см}^3/\text{кг}$. Производство фасонного проката - полок для ШЗП освоил меткомбинат «Азовсталь» (Украина). Шпунт ШЗП изготавливали из углеродистой стали марки ВСтЗсп4.

Одновременно предприятием «Запсибгидрострой» и АО ЦНИИС разработана техническая документация и освоено производство трубчатого сварного шпунта с применением труб диаметром 530 - 820 мм и привариваемых к гав замков из шпунта прокатных профилей.

В 2003 году Чеховский завод ОАО «Мостостройиндустрия» и фирма «Пирс» в г. Нижний Новгород освоили независимо друг от друга изготовление трубчатого шпунта с конструкцией замков из труб разного диаметра и из швеллеров.

Классификация существующих шпунтовых конструкций.

Существуют различные виды шпунта, мы рассмотрим шпунт произведенный из стали.

Виды металлического шпунта:

Комбинированный шпунт, рисунок 1.2.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9



Рисунок 1.2 – комбинированный шпунт, а - двутавровый; б - зетовый
По форме сечения:

Корытная, рисунок 1.3:

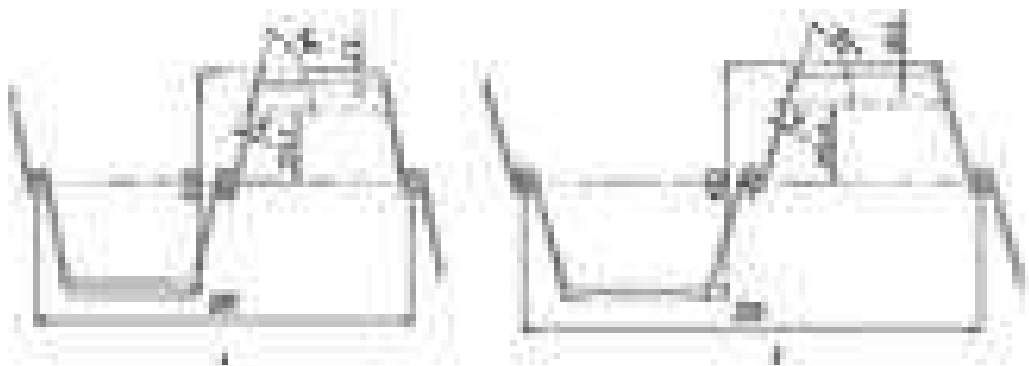


Рисунок 1.3 – а - тип «Ларсен»; б - PU фирмы «ProfilARBED»

Зетовая, рисунок 1.4:

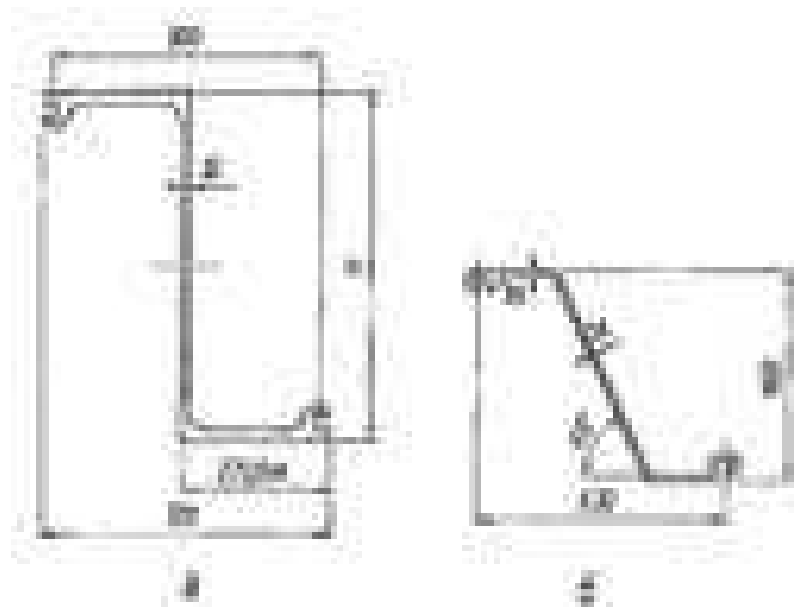


Рисунок 1.4 – а - ШЗП; б - AZ фирмы «ProfilARBED»

Плоская, рисунок 1.5:

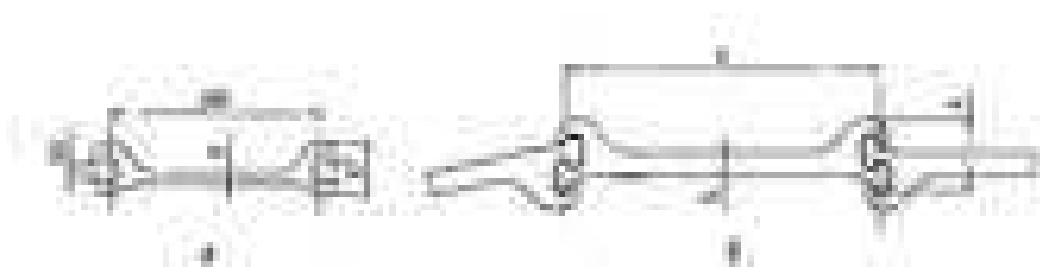


Рисунок 1.5 – а - ШП - 2 ; б – AS шпунт фирмы «ProfilARBED»

Двутавровая, рисунок 1.6:

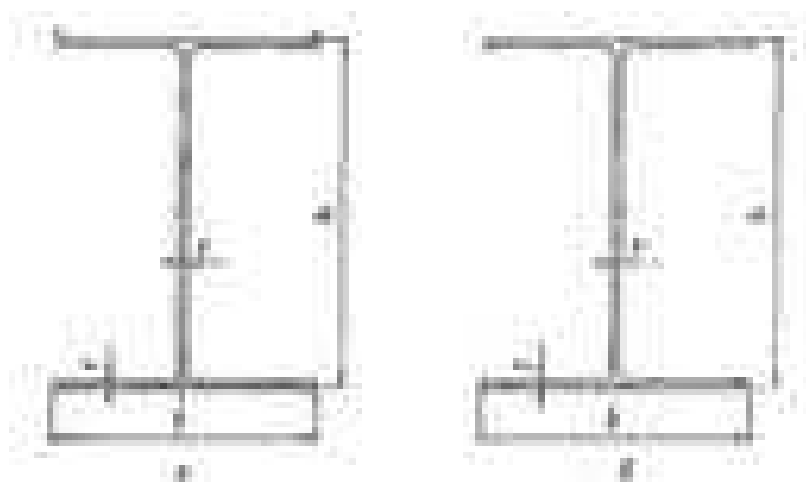


Рисунок 1.6 – а - HZ фирмы «ProfiiARBED»

Трубчатая:

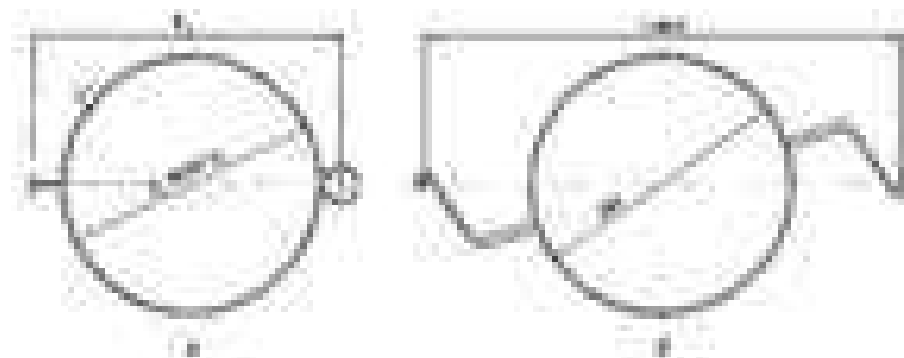


Рисунок 1.7 – а - профиль шпунтовой трубчатый сварной одиночный ШТСО по ТУ 0925-007-01393674-03;б - профиль шпунтовой трубчатый сварной ШТС по ТУ 0925-003-0139-3674-95.

При обосновании рациональной формы поперечного сечения шпунтовых панелей исходили из условия эффективной их работы в составе шпунтовой стены при оптимизации материальных и трудовых затрат. При этом принимали во внимание, что шпунтовая стена работает в системе «стена - геомассив» на

изгиб от поперечной нагрузки, передающейся через грунт. Наибольший интерес с позиции металлоёмкости стен с моментом сопротивления до $(6-7) \times 10^3$

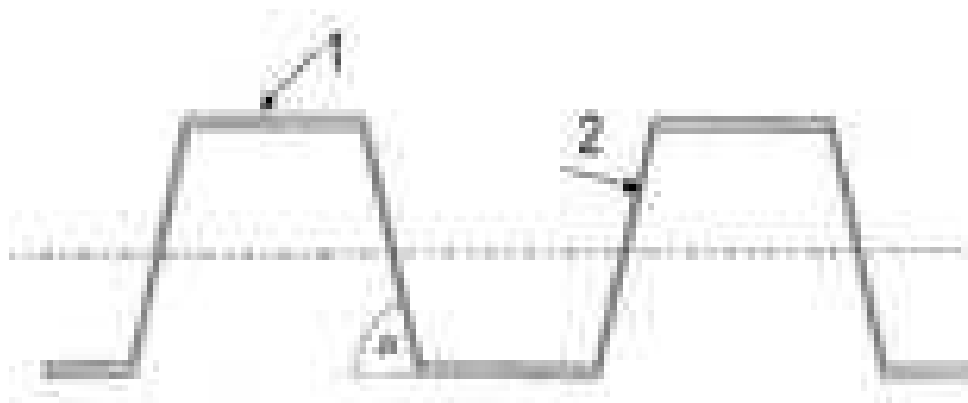


Рисунок 1.8 – Анализируемая форма поперечного сечения 1 - полка; 2 - стенка $\text{см}^3/\text{м}$ представляет конструкция с волнообразным поперечным сечением (рисунок 1.8).

Конструкция указанного поперечного сечения может быть скомпонована из горячекатаных шпунтовых профилей U или Z-образного сечений. Ширина этих профилей находится в диапазоне 600-750 мм.

Переход на сварное исполнение профилей из полосового проката позволяет получить более рациональную по ширине шпунтовую панель. Если U и Z-образные сечения профилей рассматривать условно как полуволну сечения шпунтовой стены, то в сечение панели, как монтажного элемента шпунтовой стены, можно включить две, три или даже четыре такие «полуволны», и увеличить за счёт этого ширину элемента.

Исходя из условий технологичности изготовления и транспортировки панелей, наиболее рациональным является сечение, представленное на рисунке 1.9. Такое сечение симметрично относительно вертикальной оси, что позволяет избежать практически деформирования панели при выполнении сварочных операций, обеспечивает удобство проведения двухсторонней очистки поверхности и нанесения на неё антикоррозионного покрытия и плотной укладки панелей в штабель с оптимальным использованием грузоподъёмности транспортных средств.

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.04.01.2018.002.00 ПЗ					

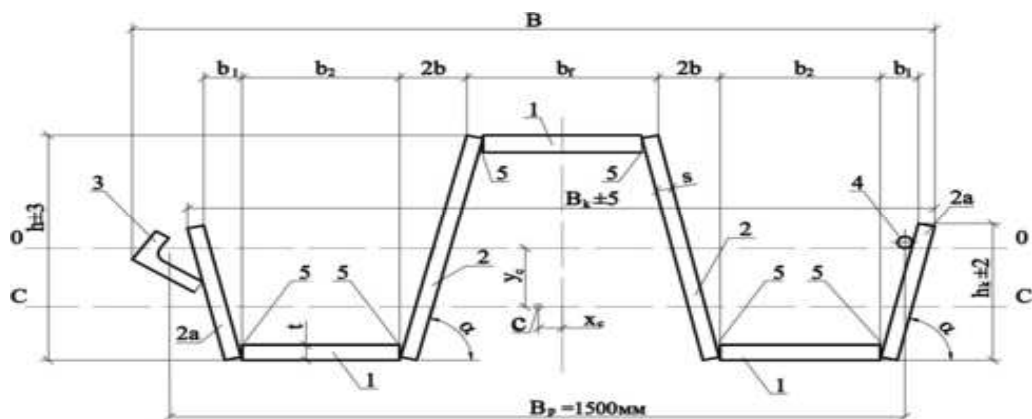


Рисунок 1.9 – Форма поперечного сечения шпунтовой панели

1- полка, 2 - стенка, 2а - полустенка, 3 - замок-обойма, 4 - замок-кулачок,
5 - сварное соединение согласно рисунку 5,

с - центр тяжести сечения, "0-0" - ось шпунтовой стены, "С-С" - центральная ось инерции панели.

Важным преимуществом данных панелей является также существенное сокращение технологических операций при погружении шпунта в грунт и сокращение количества замковых соединений в шпунтовой стене.

При практической реализации на стадии проектирования панелей выбранной формы поперечного сечения необходимо было выдержать следующие основные требования:

- образовывать в сборе шпунтовую стену с требуемым моментом сопротивления;
- минимизировать удельный (на единицу площади шпунтовой стены) расход стали;
- обеспечить стабильность формы панелей при взаимодействии их с геомассивами на стадиях строительства и эксплуатации.

В результате аналитического обзора тенденции развития конструкции шпунта для ограждений, классификации существующих конструкций позволяют сделать следующие выводы:

- шпунтовые ограждения широко используются в строительстве, но являются излишне материалоемкими в связи с ограниченной номенклатурой выпускаемых типоразмеров профиля;
- сварные шпунтовые панели являются наиболее экономичны по

расходу материала за счет наличия возможности оптимизации сечения профиля под конкретные условия эксплуатации.

-при производстве шпунтовых панелей возникают значительные коробления в результате больших тепловложений при сварке, в результате появляется необходимость правки изделий, что приводит к увеличению трудоемкости технологического.

В соответствии с данным выводом сформулирована актуальность, цель, задачи и методы исследования диссертационной работы.

Целью данной работы является: уменьшения коробления изделия посредством оптимизации порядка наложения и геометрии поперечного сечения сварного шва.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

1.2 Материал изделия и его свариваемость

Сталь 09Г2С относится к низколегированным сталям, общее количество легирующих добавок в которых не превышает 2,5%.

Основное предназначение этой стали – использование ее для сварных конструкций. Хорошая свариваемость стали обеспечивается благодаря низкому (меньше 0,25%) содержанию углерода. Если углерода больше, то в сварном шве могут образовываться микропоры при выгорании углерода и возникать закалочные структуры, что ухудшает качество шва. Еще одно достоинство этой марки состоит в том, что сталь 09Г2С не склонна к отпускной хрупкости, то есть ее вязкость не снижается после процедуры отпуска. Она также устойчива к перегреву и образованию трещин.

Широкое распространение и популярность стали 09Г2С объясняется тем, что ее высокие механические свойства позволяют экономить при изготовлении строительных конструкций. Более того, такие конструкции имеют меньший вес.

Оценка склонности к образованию холодных трещин выполняется различными методами. В рамках настоящей работы свариваемости стали оценивали по эквиваленту по углероду, который рассчитывался по ГОСТ 27772-2015 на основании химического состава стали, который приведен в таблице 1.1:

$$C_{\text{э}} = C + \text{Mn}/6 + \text{Si}/24 + \text{Cr}/5 + \text{Ni}/40 + \text{Cu}/13 + \text{V}/14 + \text{P}/2 \quad (1)$$

Таблица 1.1 – Химический состав стали

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As	Fe
до 0,12	0,5- 0,8	1,3- 1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	До 0,3	До 0,008	до 0,3	до 0,08	~96- 97

Рассчитаем $C_{\text{э}}$ для стали 09Г2С.

$$C_{\text{э}}(09Г2С) = 0.12 + 1.7/6 + 0.8/24 + 0.3/5 + 0.3/40 + 0.3/13 + 0.035/2 = 0.43.$$

Из этого следует, что для стали 09Г2С не требуется предварительный подогрев и будем считать, что сталь не склонна к образованию холодных трещин.

Расчет свариваемости стали 09Г2С производится по формуле (2)

$$C_{\text{э}} = C + \text{Mn}/6 + (\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V})/5 + (\text{Ni} + \text{Cu})/15 \quad (2)$$

Механические свойства стали 09Г2С приведены в таблице 1.2.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						15

Таблица 1.2 – Механические свойства стали

Температура испытаний, °С	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_B (МПа)	δ_5 (%)	ψ %
20	295	405	30	66
100	270	415	29	68
200	265	430	29	68
300	220	435	29	68
400	205	410	27	63
500	185	315	27	63

1.3 Условия эксплуатации изделия

Панели шпунтовые сварные эксплуатируются в разных условиях:

- Высокая коррозионная агрессивность среды
- Различные климатические условия
- Значительные статические нагрузка от давления грунта и жидкости
- Основными предельными состояниями конструкции из шпунтовых панелей является потеря жесткости, общей и местной устойчивости элементов конструкции.
- Конструкции Шпунтовых панелей эксплуатируются в диапазоне климатических условий от -40 до +60 градусов Целься.
- В процессе эксплуатации подвержены воздействию химической и электрохимической коррозии.
- В соответствии с агрессивности окружающей среды шпунтовые панели подвергают различным способам антикоррозийной защиты.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Базовый вариант технологического процесса

Панели шпунтовые сварные (ПШС) представляют собой пространственную сварную конструкцию, получаемую путём соединения отдельных стальных полос продольными двусторонними сварными швами по всей длине конструкции рисунок 2.1.

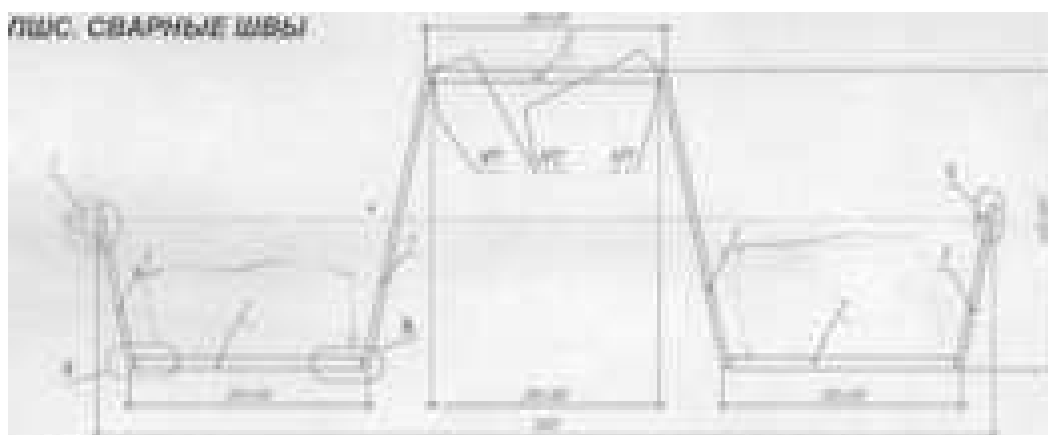


Рисунок 2.1 – Сварные швы

Плазменная резка осуществляется аппаратом под названием Hypertherm powermax 105. Он создаёт поток высокотемпературного ионизированного воздуха (плазмы), который разрезает заготовку.

Принцип плазменной резки основан на свойстве воздуха в состоянии ионизации становиться проводником электрического тока.

Сварные швы основного профиля (внутренние и наружные) выполняются попарно автоматической сваркой под слоем флюса двухдуговыми сварочными тракторами. Согласно действующей технологии для панелей полутораметровой ширины первоначально изготавливаются так называемые “корыта” (полка и две стенки). При этом полка располагается на сборочном стенде внизу, а стенки устанавливаются и механически закрепляются по бокам под углом к вертикали. Угол наклона стенок регулируются опорами технологической сварочной

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

оснастки. Сборка осуществляется “прихватками” после чего накладываются



основные продольные швы рисунок 2.2.

Рисунок 2.2 – Выполнение прихваток

Сборка и сварка полного профиля производится на соответствующих сборочно-сварочных стендах рисунок 2.3.



Рисунок 2.3 – Сборка профиля

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19



Рисунок 2.4 – Двухшовная сварка

Для сварки используют проволоку СВ08-ГА по ГОСТ 2246-70 и сварочного флюса АН-348А по ГОСТ 9087-81. Двухшовная однопроходная сварка с полным проплавлением, автоматической сваркой под слоем флюса АН-348А рисунок 2.4.

После сварки швы имеют значительные деформации, которые устраняются с помощью термической правки. Термическая правка выполняется местным нагревом газовым горелками. Все сварные соединения подвергаются ВИК 100%.

Сварка замка-обоймы производится однодуговым сварочным трактором под слоем флюса. Сварка замка-кулачка производится двухдуговым сварочным трактором в среде защитных газов. Сборка и сварка замковых элементов производится на специализированных сборочно-сварочных стендах.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

2.2 Проектируемый вариант технологического процесса

В проектируемом варианте технологического процесса сохраняется этап подготовки листового проката к сварке в соответствии с базовым технологическим процессом. Изменению подлежит вид сварки и сварочные материалы.

Роботы сваривают шпунт находясь на специальной платформе и передвигаются по рельсам. Оснастка остается прежней, возможно применение магнитов для закрепления деталей перед сваркой и предотвращения коробления.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

2.3 Выбор способа сварки

Способ сварки – в проектируемом варианте сварка происходит в среде защитного газа.

Сварка в защитных газах

Сущность способа:

Сварку в защитных газах можно выполнять неплавящимся, обычно вольфрамовым, или плавящимся электродом. В первом случае сварной шов получается за счет расплавления кромок изделия и, если необходимо, подаваемой в зону дуги присадочной проволоки. Плавящийся электрод в процессе сварки расплавляется и участвует в образовании металла шва. Для защиты применяют три группы газов: инертные (аргон, гелий); активные (углекислый газ, азот, водород и др.); смеси газов инертных, активных или первой и второй групп. Выбор защитного газа определяется химическим составом свариваемого металла, требованиями, предъявляемыми к свойствам сварного соединения; экономичностью процесса и другими факторами.

Смесь инертных газов с активными рекомендуется применять и для повышения устойчивости дуги, увеличения глубины проплавления и изменения формы шва, металлургической обработки расплавленного металла, повышения производительности сварки. При сварке в смеси газов повышается переход электродного металла в шов.

Смесь аргона с 1—5% кислорода используют для сварки плавящимся электродом низкоуглеродистой и легированной стали. Добавка кислорода к аргону понижает критический ток, предупреждает возникновение пор, улучшает форму шва.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Смесь аргона с 10—25% углекислого газа применяют при сварке плавящимся электродом. Добавка углекислого газа при сварке углеродистых сталей позволяет избежать образование пор, несколько повышает стабильность дуги и надежность защиты зоны сварки при наличии сквозняков, улучшает формирование шва при сварке тонколистового металла.

Смесь аргона с углекислым газом (до 20%) и с не более 5% кислорода используют при сварке плавящимся электродом углеродистых и легированных сталей. Добавки активных газов улучшают стабильность дуги, формирование швов и предупреждают пористость.

Смесь углекислого газа с кислородом (до 20%) применяют при сварке плавящимся электродом углеродистой стали. Эта смесь имеет высокую окислительную способность, обеспечивает глубокое проплавление и хорошую форму, предохраняет шов от пористости.

Смесь углекислого газа с кислородом (до 20%) применяют при сварке плавящимся электродом углеродистой стали. Эта смесь имеет высокую окислительную способность, обеспечивает глубокое проплавление и хорошую форму, предохраняет шов от пористости.

В зону сварки защитный газ может подаваться центрально (рисунки 2.5 и 2.6, а,в), а при повышенных скоростях сварки плавящимся электродом — сбоку (см. рис. 2.5,б). Для экономии расхода дефицитных и дорогих инертных газов используют защиту двумя отдельными потоками газов (рисунок 2.6,в); наружный поток — обычно углекислый газ. При сварке активных материалов для предупреждения контакта воздуха не только с расплавленным, но и с нагретым твердым металлом применяют удлиненные насадки на сопла (подвижные камеры, рисунок. 2.6,г). Наиболее надежная защита достигается при размещении изделия в стационарных камерах, заполненных защитным газом. Для сварки крупногабаритных изделий используют переносные камеры из мягких пластичных обычно прозрачных материалов, устанавливаемых локально над свариваемым стыком. Теплофизические свойства защитных газов оказывают большое влияние на технологические свойства дуги, а значит на форму и размеры

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

шва. При равных условиях дуга в гелии по сравнению с дугой в аргоне является более «мягкой», имеет более высокое напряжение, а образующийся шов имеет меньшую глубину проплавления и большую ширину. Углекислый газ по влиянию на форму шва занимает промежуточное положение.

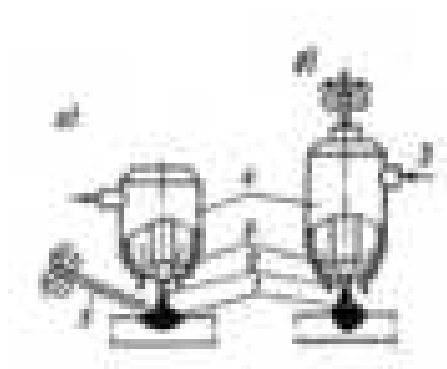


Рисунок 2.5 — Схемы сварки в защитных газах а, б – неплавящимся, плавящимся электродом; 1 – сварочная дуга; 2 – электрод; 3 – защитный газ; 4 – газовое сопло (горелка); 5 – присадочная проволока

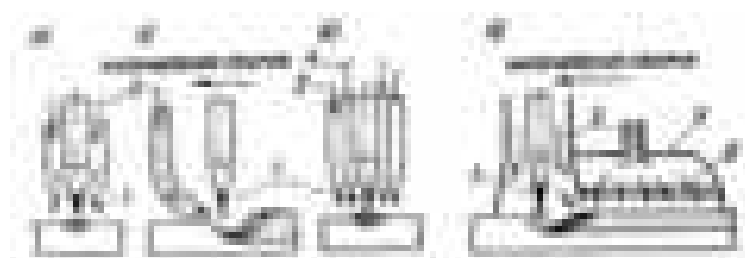


Рисунок 2.6 – Схемы подачи защитного газа в зону сварки

а – центральная; б – боковая; в – двумя концентрическими потоками; г – в подвижную камеру (насадку); 1 – электрод; 2 – защитный газ; 3, 4 – наружный и внутренний потоки защитных газов; 5 – насадка; 6 – распределительная сетка

Преимущества и недостатки способа

Широкий диапазон применяемых защитных газов обуславливает большое распространение этого способа, как в отношении свариваемых металлов, так и их толщин (от 0,1 мм до десятков миллиметров). Основными преимуществами рассматриваемого способа сварки являются следующие:

- высокое качество сварных соединений па разнообразных металлах и их сплавах разной толщины, особенно при сварке в инертных газах из-за малого угара легирующих элементов;
- возможность сварки в различных пространственных положениях;
- отсутствие операций по засыпке и уборке флюса и удалению шлака;
- возможность наблюдения за образованием шва, что особенно важно при механизированной сварке;
- высокая производительность и легкость механизации и автоматизации процесса;
- низкая стоимость при использовании активных защитных газов.

К недостаткам способа относятся: необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги; возможность нарушения газовой защиты при сдувании струи газа движением воздуха или при забрызгивании сопла; потерн металла на разбрызгивание, при котором брызги прочно соединяются с поверхностями шва и изделия; наличие газовой аппаратуры и в некоторых случаях необходимость водяного охлаждения горелок.

Сварка под флюсом (рисунок 2.7) является самым распространенным способом механизированной дуговой сварки плавящимся электродом. При сварке под флюсом применяется электродная проволока 1 большой длины, свернутая на кассету или в бухту. Ее подача в зону дуги по мере плавления, а также перемещение вдоль свариваемых кромок механизированы и осуществляются сварочным автоматом, имеющим специальные устройства – бункер 2 для внесения в зону сварки флюса и отсоса 11 нерасплавившейся его части 10 со шва для возврата в бункер. Перед началом процесса засыпают флюс вдоль свариваемых кромок в виде валика толщиной 50–60 мм. Возникающая при включении автомата дуга 3 горит между концом электрода и изделием. Под действием тепла дуги плавятся электродная проволока 1, основной металл 4 и часть флюса 5. Дуга горит в закрытой полости 6 (газовом пузыре), ограниченной в

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

верхней части оболочкой шлака, а в нижней – сварочной ванной 7. П полость заполнена парами металлов, флюса и газами. Возникающее статическое давление поддерживает флюсовый свод, который предотвращает разбрызгивание жидкого металла и нарушения в формировании шва.

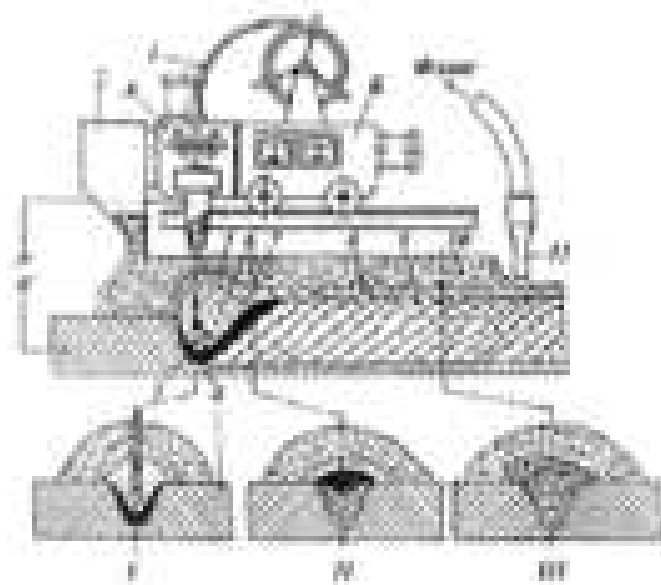


Рисунок 2.7 – Схема сварки под флюсом: А – сварочная головка; Б – механизм перемещения; I, II, III – поперечные сечения в различных зонах шва

Расплавленный шлак, обладая небольшой плотностью, всплывает на поверхность жидкого металла сварочной ванны и покрывает его плотным слоем. По мере поступательного движения электрода происходит затвердевание металлической и шлаковой ванн с образованием сварного шва 9, закрытого твердой шлаковой коркой 8. После сварки шлаковая корка удаляется.

Хороший контакт шлака и металла, наличие изолированного от внешней среды пространства обеспечивают благоприятные условия для защиты, металлургической и тепловой обработки ванны и тем самым способствуют получению швов с высокими механическими свойствами. Весьма перспективным является применение ленты вместо электродной проволоки. Электродные ленты имеют обычно толщину до 2 мм и ширину до 40 мм.

Горящая дуга перемещается поперек ленты, равномерно ее расплавляя. Меняя формы ленты, можно существенно влиять на форму шва, изменяя его ширину и глубину проплавления. Сварку под флюсом осуществляют на постоянном и переменном токах. Роль сварщика, работающего со сварочным автоматом, сводится к настройке рабочих параметров режима, к наблюдению за процессом и корректировке его с помощью пульта управления. Поскольку дуга, находящаяся под флюсом, невидима, это исключает возможность визуального наблюдения за ходом процесса. В то же время это обеспечивает практическое отсутствие таких неблагоприятных факторов воздействия на сварщика, как излучение, сварочные аэрозоли и брызги металла и шлака.

Автоматической сваркой под флюсом выполняют стыковые, тавровые и нахлесточные соединения в нижнем положении. Современные флюсы разнообразны, различаются назначением, составом и свойствами и выполняют при сварке следующие функции:

- защищают жидкий металл сварочной ванны от непосредственного контакта с воздухом;
- раскисляют, легируют и рафинируют металл шва;
- изменяют тепловой режим сварки путем уменьшения скорости охлаждения металла;
- обеспечивают устойчивое горение дуги;
- улучшают условия формирования шва.

В зависимости от способа изготовления флюсы подразделяются на плавленные и керамические. Плавленные флюсы получают путем сплавления входящих в них компонентов в электрических или пламенных печах с последующей грануляцией.

Керамические флюсы изготавливают без сплавления входящих в их состав компонентов, путем грануляции смеси порошкообразных веществ с жидким стеклом. В отличие от плавленных, керамические флюсы могут содержать неокисленные металлические порошки: раскислители и легирующие. Это связано с тем, что в процессе изготовления керамические флюсы не подвергаются нагреву до высоких температур.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Наибольшее распространение в производстве получили плавяные флюсы, которые представляют собой сплав оксидов и солей металлов. Основными параметрами режима автоматической сварки под флюсом являются сварочный ток, род и полярность тока, диаметр электродной проволоки, напряжение дуги, скорость сварки. Режим автоматической сварки выбирают в зависимости от толщины свариваемых кромок, формы разделки и свариваемого металла.

Недостатки сварки под флюсом:

- Трудозатраты с производством, хранением и подготовкой сварочных флюсов;
- Трудности корректировки положения дуги относительно кромок свариваемого изделия
- Нет возможности выполнять сварку во всех пространственных положениях;
- Высокая вносимая погонная энергия, вследствие чего большие коробления;
- Необходимость термоправки, особенно на концах изделия.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

2.4 Выбор сварочного материала

Проволока сварочная Св-08Г2С ГОСТ 2246-70 производится для разнообразных сварочных работ с узлами и деталями повышенной ответственности. Ею можно выполнять также и наплавочные работы.

Рассматриваемый сортамент может выпускаться также с поверхностным омеднением, на что указывает дополнительная буква «О» в обозначении материала. В ряде источников такую проволоку именуют СВ08Г2С, но это не дополнительное её легирование вольфрамом или кремнием, а лишь небольшая техническая вольность.

Химический состав данного материала представлен следующими элементами:

- Углеродом, в пределах 0,06...0,10%.
- Кремнием, в пределах 0,70...0,95%.
- Марганцем, в пределах 0,85...1,05% (для проволоки сечением до 1,4 мм процентное содержание марганца может увеличиваться, с согласия потребителя, до 1,65%)
- Хромом и никелем, в пределах 0,20...0,25%.

Допускаемые отклонения по химсоставу в большинстве случаев не превышают 0,02 %. Кроме того, в качестве примесей при выплавке, присутствуют в незначительном количестве также фосфор и сера. На качество конечной продукции они не влияют.

Важно, что для сварочной проволоки имеются также дополнительные ограничения на количество связанного азота, который может в больших количествах влиять на стабильность проведения сварочных операций. В частности, для данной марки действующий стандарт допускает не более 0,01%

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

азота.

ГОСТ 2246 определяет мотки, как основное состояние поставки данной сварочной проволоки. При этом масса мотка для материала диаметром 2 мм не должна быть меньше 20 кг (при внутреннем диаметре до 600 мм), а для проволоки больших диаметров масса составляет не менее 30 кг.

Проволока может поставляться также в виде размотки на кассеты или бобины. Технические характеристики сварочной проволоки Св-08Г2С определяются следующими параметрами, зависящими от дальнейшего применения материала:

-Пределом прочности, МПа 882...1030 (меньшие значения относятся к сортаменту с меньшим диаметром сечения). Если проволока будет использоваться преимущественно для производства сварочных электродов, прочностные характеристики снижаются на 9...11%;

-Проволока может подвергаться термической обработке. Наиболее употребительным её видом считается закалка в масле с температур 880...920°С с последующим охлаждением на воздухе. В результате материал становится более пластичным. В частности, предел прочности снижается до 430...450 МПа, и это позволяет производить из таких заготовок электроды более сложной конфигурации;

-Какие-либо поверхностные дефекты на проволоке недопустимы, за исключением поверхностных рисок (образующихся при волочении) вмятин и царапин. Они не должны занимать более 5% площади поверхности проволоки.

Рассмотренная проволока широко используется как надёжный материал для обеспечения высококачественных сварных соединений. Это обусловлено оптимальным процентным соотношением основных легирующих элементов – марганца и кремния, а также благоприятной кристаллографической структурой готового сварного шва.

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.04.01.2018.002.00 ПЗ					

Для автоматической сварки в среде защитного газа согласно СП 16.13330.2011 п.5.4 следует применять проволоку марки Св – 08Г2С по ГОСТ 2246– 70 в сочетании со смесью газов CO₂+ Ar (80%+20%).

Углекислый газ – бесцветный газ, со слабым запахом, хорошо растворяется в воде и придает ей кисловатый вкус.

К технологическим преимуществам относятся простота процесса сварки, обеспечивающая высокую производительность и хорошее качество сварных швов.

Объем ванны расплавленного металла при сварке в защитных газах меньше, чем при РДС, а скорость кристаллизации за счет обдува места сварки защитным газом больше. Все это позволяет вести сварку при минимальном короблении.

Для повышения стабильности сварки, улучшение процесса переноса электродного металла и формирования швов, к углекислому газу добавляют 15-20% аргона. Благодаря этому, обеспечивается существенное снижение поверхностного натяжения жидкого металла, уменьшение размеров капель, обеспечивается лучшее формирование металла шва и меньше излучение дуги, по сравнению со сваркой в чистом аргоне, а также в чистом углекислом газе.

Также к преимуществам относятся сокращения объема работ по очистке сварных швов, отсутствие вредных выделений при сварке, возможность непосредственного наблюдения за процессом сварки.

Расход углекислого газа – количество газа, которое подается в горелку за единицу времени. Расход зависит от толщины металла, размеров шва и от выбранного режима сварки.

2.5 Расчет режимов сварки

Сварным соединением называют участок конструкции, в котором отдельные её элементы соединены с помощью сварки. Сварное соединение состоит из шва 1, зоны термического влияния (ЗТВ) 2 и примыкающих к ЗТВ участков основного металла 3.

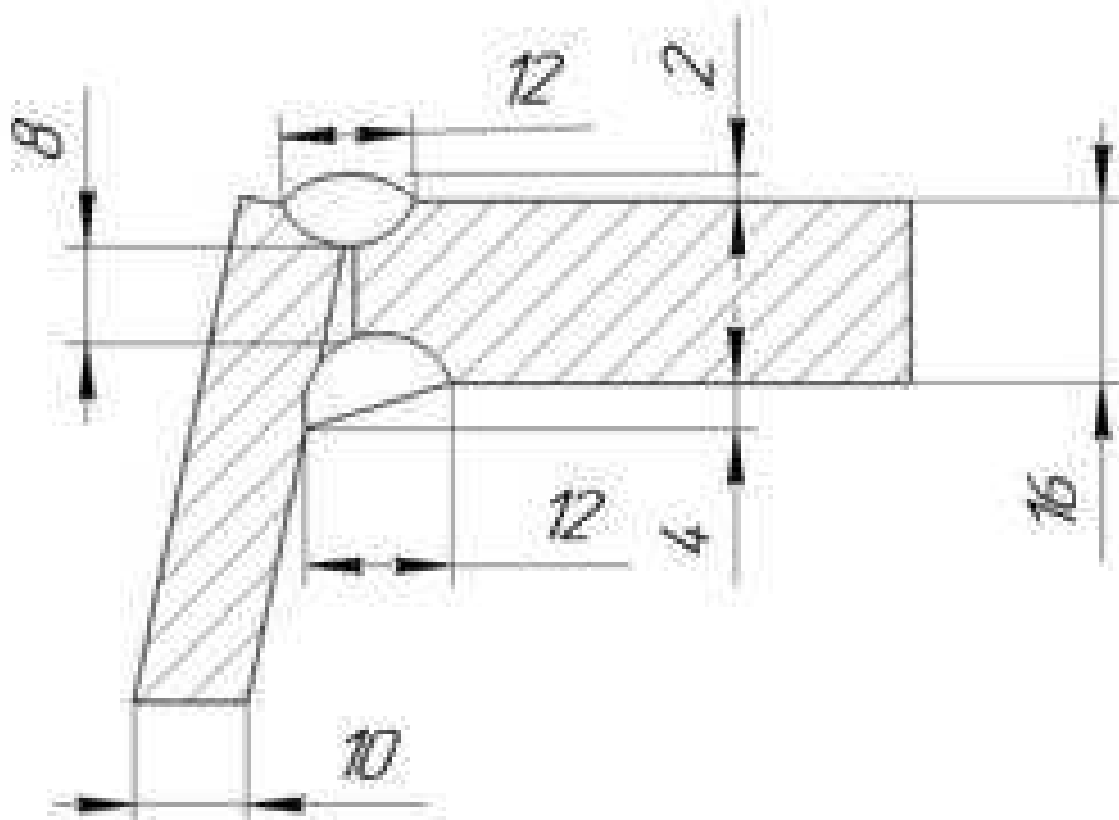


Рисунок 2.8 – Обеспечение не полного провара соединяемых пластин

Сварной шов – это часть сварного соединения, металл которой в процессе сварки был нагрет до температуры плавления и выше.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Зона термического влияния (ЗТВ) – прилегающий к сварному шву основной металл, нагретый в процессе сварки выше температур структурных превращений. Поперечное сечение переплавленного дугой металла условно делят на зону наплавки F_H , находящуюся вне первоначальной кромки основного металла, и зону проплавления $F_{пр}$, находящуюся внутри этой кромки.

Геометрию шва характеризуют следующие параметры:

H – глубина проплавления свариваемого металла, см;

B – ширина шва, см;

C – усиление шва, см;

Очертания зоны проплавления характеризуют коэффициентом формы проплавления (3):

$$\psi_{пр} = K' \times (19 - 0,01 \times I_{св}) \times \frac{U_d d_{э}}{I_{св}} \quad (3)$$

$$\psi_{пр} = 0,92 \times (19 - 0,01 \times 270) \times \frac{27 \times 1,4}{270} = 2,26$$

Зная глубину провара H и $\psi_{пр}$, определяют ширину шва (4):

$$B = \psi_{пр} \times H \quad (4)$$

$$B = 2,26 \times 5,3 = 12,03 \text{ мм};$$

Очертания наплавленного металла характеризуют коэффициентом формы валика (усиления) (5):

$$\psi_B = B/C \quad (5)$$

$$\psi_B = 2,83$$

Для вычисления высоты валика C и коэффициента формы усиления шва ψ_B рассчитывают площадь поперечного сечения наплавленного металла по формуле (6):

$$F_H = \frac{a_p \times I_{св} \times (1 - \psi_{п})}{3600 \times \gamma \times U_{св}} \quad (6)$$

$$F_H = 0,27 \text{ см}^2$$

Где a_p – коэффициент расплавления; $\psi_{п}$ – коэффициент потерь металла на разбрызгивание и угар.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

При механизированных способах сварки в среде защитного газа $\Psi_{\text{п}} \approx 1\%$, поэтому в расчетах его величиной можно пренебречь.

Значение коэффициента расплавления a_p состоит из двух слагаемых (7):

$$a_p = a'_p + \Delta a_p \quad (7)$$

$$a_p = 14,10 \text{ г/А} \times \text{ч}$$

Где a'_p - составляющая, обусловленная тепловложением дуги, г/Ач;

Δa_p – составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током, г/Ач;

При сварке постоянным током обратной полярности составляющая коэффициента расплавления (8):

$$a'_p = 11,6 \pm 0,4 \quad (8)$$

Величину второй составляющей Δa_p рассчитывают по уравнению (9):

$$\Delta a_p = \frac{3600 \times Q_{\text{п.п}}}{q_3 \times I_{\text{св}}} \quad (9)$$

$$\Delta a_p = 2,9 \text{ г/А} \times \text{ч}$$

Где $Q_{\text{п.п}}$ – количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током, кал; q_3 – количество теплоты, необходимое для расплавления 1 г электродной проволоки ($\approx 325 \frac{\text{кал}}{\text{г}}$).

Значение $Q_{\text{п.п}}$ рассчитывают по формуле (10):

$$Q_{\text{п.п}} = 0,1884 \times j^2 \times p_0 \times d_3^2 \left[\frac{U_3}{\alpha \times \beta} (e^{-p_2 l - 1}) - \frac{b(T_{\text{пл}} - T_0)}{p_1} \right] \quad (10)$$

$$Q_{\text{п.п}} = 70,65 \text{ кал}$$

Где j – плотность тока в электроде, А/см²; p_0 – удельное электрическое сопротивление электродной проволоки при нуле градусов (для низкоуглеродистой проволоки $p_0 = 0,000014 \text{ Ом/см}$); d_3 – диаметр электродной проволоки, см; U_3 – условная скорость подачи электрода, см/с (скорость плавления электродной проволоки при нулевом вылете); α – коэффициент температурпроводимости, см²/с; b – коэффициент изменения электрического сопротивления с изменением температуры (для низкоуглеродистых сталей $b \approx 0,0083 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; β – коэффициент, равный $0,24 j^2 p_0 /$

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

$асу$; $с$ – теплоемкость, кал/г 0C ; $у$ - плотность, г/см 3 ; $L_э$ - вылет электрода, см ;
 $T_{пл}$ – температура плавления проволоки , 0C ; T_0 – начальная температура
 проволоки, 0C ; p_1 и p_2 – коэффициенты, равные (11):

$$p_{1,2} = \frac{U_э}{2a} \pm \sqrt{\frac{u_э^2}{4a^2} - a \times \beta} \quad (11)$$

Вычислив значение a_p и $\Psi_{п}$, по формуле() определяют площадь наплавленного металла F_H .

Площадь поперечного сечения валика (12):

$$F_B = F_H = B \times C \times \mu_B \quad (12)$$

где B и C – ширина и высота валика, см; μ_B – коэффициент полноты.

Как показывает опыт, при всех способах автоматической и полуавтоматической сварки μ_B имеет устойчивое значение, равное $\approx 0,73$. Поэтому в расчетах принимают (13):

$$C = F_H / 0,73B \quad (13)$$

$$C = 2,7 \text{ мм}$$

1. Исходя из чертежа назначают требуемую глубину провара при сварке с одной стороны (14):

$$H \geq S/2. \quad (14)$$

$$H \geq 4 \text{ мм.}$$

При этом H первого слоя не должна превышать 60-70% от толщины свариваемых листов.

2. Задают силу сварочного тока, обеспечивающую требуемую глубину провара, исходя из условия (15):

$$I_{св} \approx (80 - 90) \times H \quad (15)$$

$$I_{св} \approx 270 \text{ А}$$

3. По плотности сварочного тока из таблицы 2.3 выбирают диаметр электродной проволоки

Таблица 2.3 Выбор диаметра электрода

Диаметр электрода, мм	1,4
Плотность тока, А мм 2	90-250

4. Задаем скорость сварки (15):

$$V_{CB} = 0,5 \frac{\text{см}}{\text{с}} \quad (15)$$

5. Назначают вылет электрода из условия (16):

$$L_3 \approx 10 \times d_3 \quad (16)$$

$$L_3 \approx 14 \text{ мм}$$

6. Задаем напряжение дуги (17):

$$U_d \approx 27 \quad (17)$$

Скорость подачи электродной проволоки, см/с, рассчитывается по формуле (18):

$$V_{ПП} = \frac{4 \times a_p \times I_{CB}}{\pi \times d_3^2 \times j} \quad (18)$$

$$V_{ПП} = \frac{4 \times 13.03 \times 540}{3.14 \times 9 \times 7.8} = 7 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

2.6 Выбор сварочного оборудования

2.6.1 Выбор сварочной установки

Увеличенная рабочая зона ArcMate120iC/12L данной модели в сочетании с превосходными показателями повторяемости позволяет существенно упростить автоматическую сварку даже при работе с изделиями больших размеров. Модель имеет оптимизированную рабочую зону, что позволяет увеличить производительность станка при выполнении различных операций по сварке, пайке мягким припоем и тепловой резке. Максимальная нагрузка на данную модель 12 кг, максимальная досягаемость робота 2009 мм, 6 контролируемых осей, остальные характеристики приведены на рисунке 2.9.

Комплектуется:

- Контроллером робота с пультом управления
- Набор кабелей и разъемов для подключения
- Программный пакет по дуговой сварке FanucArcTool
- Роботизированный сварочный источник
- Модуль жидкостного охлаждения
- Промышленный интерфейс для связи робот-источник, периферия
- Сварочная горелка Binzel

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

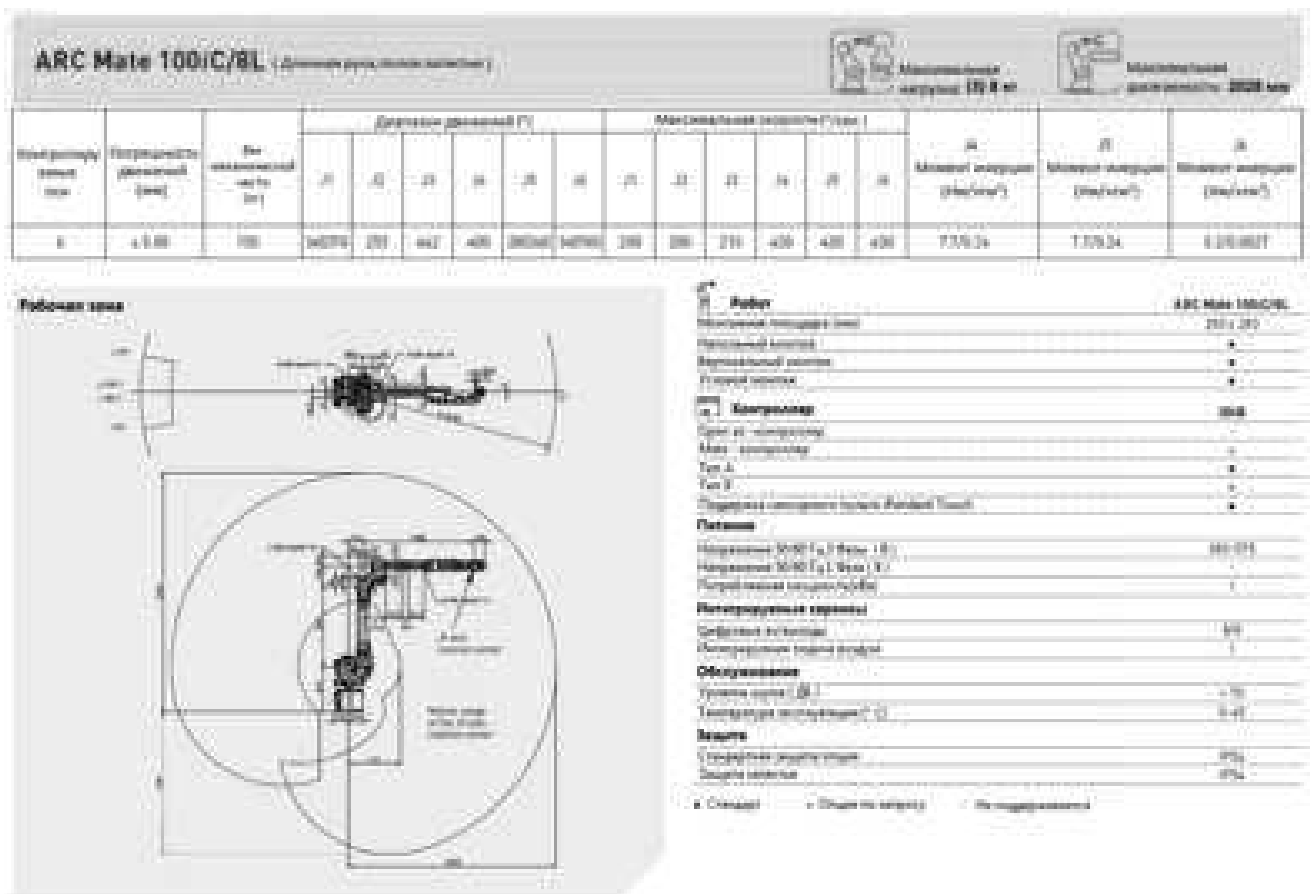


Рисунок 2.10 Характеристики сварочного робота ARC Mate 100iC/8L

Выбор источников питания:

KempArc SYN 500 предназначена для синергической автоматизированной MIG/MAG-сварки. Отличные характеристики дуги гарантируют высокое качество сварных швов. Интерфейс автоматизированной системы поддерживает все основные протоколы fieldbus. KempArc SYN 500 отлично подходит для рентабельной модернизации имеющихся систем, а также для выполнения сварочных работ в тяжелых условиях. Система обеспечивает ток сварки 430 А при рабочем цикле 100 %. Остальные характеристики приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – технические характеристики KempArc SYN 500

Наименования	KempArc SYN 500
Питающее напряжение, В 3ф 50Гц	400
Потребляемый ток, А при ПВ 100%	31
Сечение питающего кабеля мм ²	6
Плавкий предохранитель, А	35
Максимальный ток/ напряжение, А/В	

При ПВ 100%	430/32
При ПВ 80%	-
При ПВ 60%	500/38
Диапазон регулирования, А/В MIG/MAG	16/10-500/42
Напряжение, В	46
Мощность, Вт	25
КПД	0.87
Коэффициент мощности	0.9
Класс пыли/влаги защиты	IP 23

Источник питания ESAB Aristo MIG 5000i используется для различных процессов - MIG/MAG-сварка, импульсная MIG-сварка, ММА и строжка угольной дугой. Широкий диапазон запрограммированных синергетических линий; Aristo Pendant U82 Plus определяет и хранит настройки синергетических линий для любой комбинации материалов и газов. Система The TrueArcVoltageSystem измеряет правильное значение напряжения дуги, не зависящее от длины соединительного кабеля, обратного кабеля или сварочной горелки. Остальные характеристики приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 - технические характеристики ESAB Aristo MIG 5000i

Наименования	ESAB Aristo MIG 5000i
Питающее напряжение, В 3ф 50Гц	400
Потребляемый ток, А при ПВ 100%	36
Сечение питающего кабеля мм ²	6
Плавкий предохранитель, А	35
Максимальный ток/ напряжение, А/В	
При ПВ 100%	400/34
При ПВ 80%	-
При ПВ 60%	500/39
Диапазон регулирования, А/В	30/10-500/42

MIG/MAG	
Напряжение, В	46
Мощность, Вт	25
КПД	0.87
Коэффициент мощности	0.91
Класс пыли/влаги защиты	IP 23

3. Исследовательский раздел

3.1 Актуальность

Шпунтовые ограждения широко используются в строительстве, но являются излишне материалоёмкими в связи с ограниченной номенклатурой выпускаемых типоразмеров профиля;

Сварные шпунтовые панели являются наиболее экономичны по расходу материала за счет возможности оптимизации сечения профиля под конкретные условий эксплуатации.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

3.2 Состояние вопроса исследования

Работы по исследованию сварных шпунтовых изделий в основном посвящены оптимальной геометрии и технологии сборки и сварки ПШС. Исследование влияния технологии сварки ПШС на величину и характер остаточных напряжений практически не освещены в научных публикациях.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

3.3 Цель и задачи исследования

Целью данной работы является: уменьшения коробления изделия посредством оптимизации порядка наложения и геометрии поперечного сечения сварного шва.

Задачами исследования являются такие технологические приемы, которые позволят уменьшить коробление изделий, путем подбора оптимального режима наложения сварных швов с использованием специализированного программного обеспечения такого как: Weld Planer. Исследование сварных соединений с конструктивным непроваром на деформированное состояние в программе Ansys, моделирование режима сварки на соединении панели шпунтовой сварной в программе Sysweld.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

3.4 План эксперимента

- 1) Создание численной модели панели шпунтовой сварной ПШС 50/150 в программе Sysweld.
- 2) Подбор оптимального наложения сварных швов на численную модель панели шпунтовой сварной ПШС 50/150 в программе Weld Planer.
- 3) Исследование сварных соединений с конструктивным непроваром на деформированное состояние в программе Ansys.
- 4) Моделирование режима сварки на соединении панели шпунтовой сварной ПШС 50/150.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

3.5 Методика и результаты эксперимента

План проведения численного моделирования:

1. Создание коллекторов и частей для модели шпунта ПШС 50/150 с толщиной полок 16 мм и стенок толщиной 10 мм в ESISYSWELD на загруженной модели в формате stl.

2. Подбор оптимальных режимов сварки в WELDPLANER

3. Произвести сравнительный анализ коробления.

4. Сделать выводы по работе.

Алгоритм проведения работы по моделированию.

1.Открываем Visual – Weld(рисунок 3.1).



Рисунок 3.1- Visual – Weld


2.На верхней панели (рисунок 3.2)нажимаем на  и в открывшемся окне (рисунок 3.3) выбираем Mesh.



Рисунок 3.2 – верхняя панель Visual – Weld



Рисунок 3.3 – окно Visual – Weld

3. В открывающемся окне выбираем, для загрузки имеющийся детали.
4. Удаляем 2D на 3D детали элементы:
 - Выбираем на панели инструментов 2Dby 2D
 - Выделяем элементы подлежащие удалению (отмечаются желтым цветом)
 - Нажимаем Delete, выделенные элементы удалены.
5. На оставшемся 2D контуре создаем сетку:

На верхней панели выбираем **2D**, после чего на вкладке показанной на рисунке, выберем **Remesh**. При активации функции **Remesh** в левом нижнем углу рабочего окна монитора появится окно (рисунок 3.4).

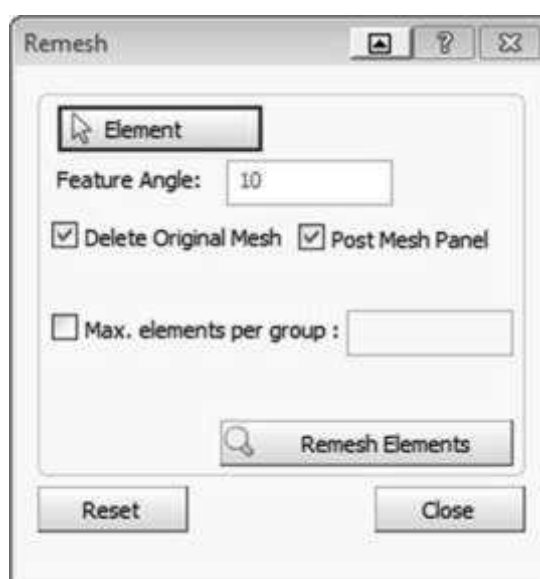



Рисунок 3.4 - Remesh

Выделяем имеющийся контур детали и нажимаем на значок . После чего появляется окно, как на рисунке, а деталь становится активной для назначения количества узлов сетки. (см. Рисунок 3.5).

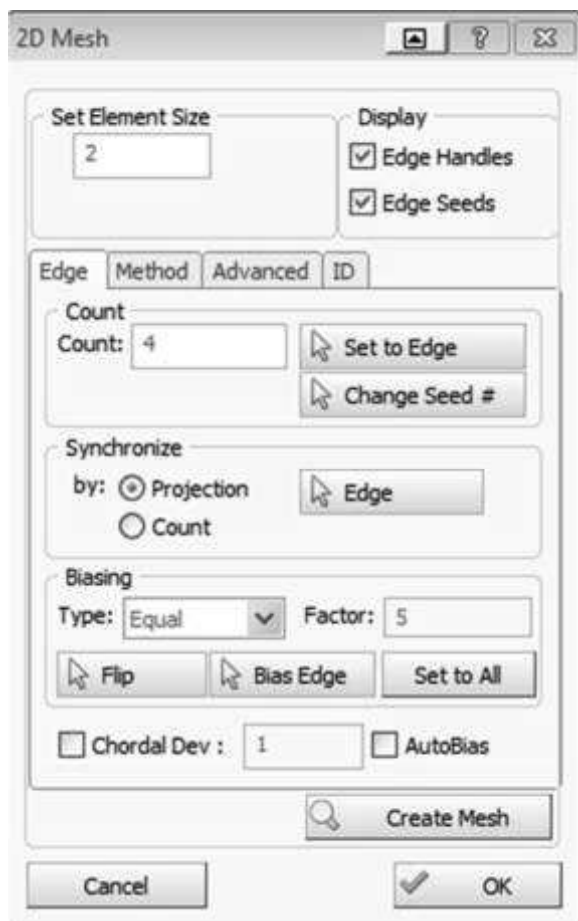





Рисунок 3.5 - назначения количества узлов сетки

Количество узлов можно поменять, наводя мышкой на квадрат с числом (например ) , при этом нажав правую кнопку мыши и удерживая ее, количество узлов будет меняться в зависимости от направления движения курсора. Перемещая зажатую левую кнопку мыши на выбранном квадрате вверх, число узлов возрастает, перемещая вниз - снижается. Если нужно чтоб к какой-то стороне (например, зоне термического влияния) узлы располагались ближе нужно воспользоваться функцией . Для этого сделайте сетку видимой нажатием на  (после чего на прямоугольнике появится сетка, рисунок). В





активном окне  в области **Blasing** в разделе  поменяйте  на . Данная функция служит для выбора типа формы создаваемого коллектора (см. рисунок 3.6).



Рисунок 3.6- выбор типа формы коллектора

После проведения вышеуказанных действий сетка выглядит, как на рисунке 3.7.

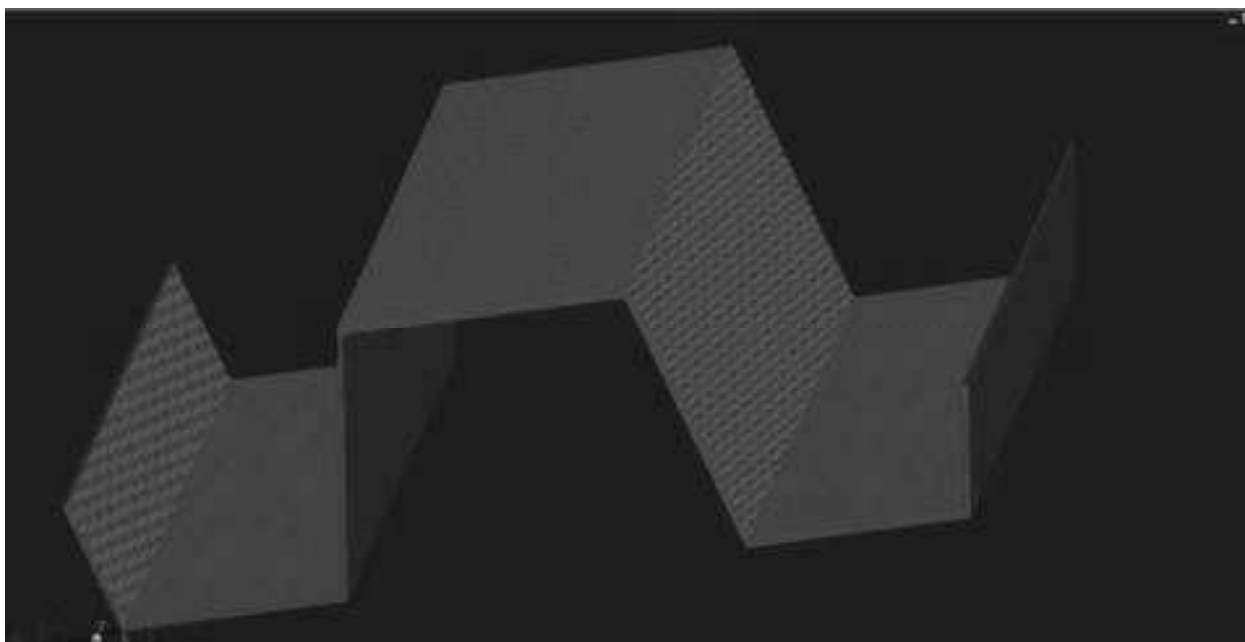



Рисунок 3.7 – сетка детали

Для создания нажмите .

Если деталь разнотолщинная необходимо разбить ее на разные части:

Выбираем нужную часть детали - нажимаем правую кнопку мыши -

Выбираем Tools – Add to New part

Слева будут отображаться созданные Part.

Для дальнейшей работы сохраняем полученный результат в формате ACS. Для этого:

•Выбираем:

File – Export – название файла.ACS. (рисунок 3.8).

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

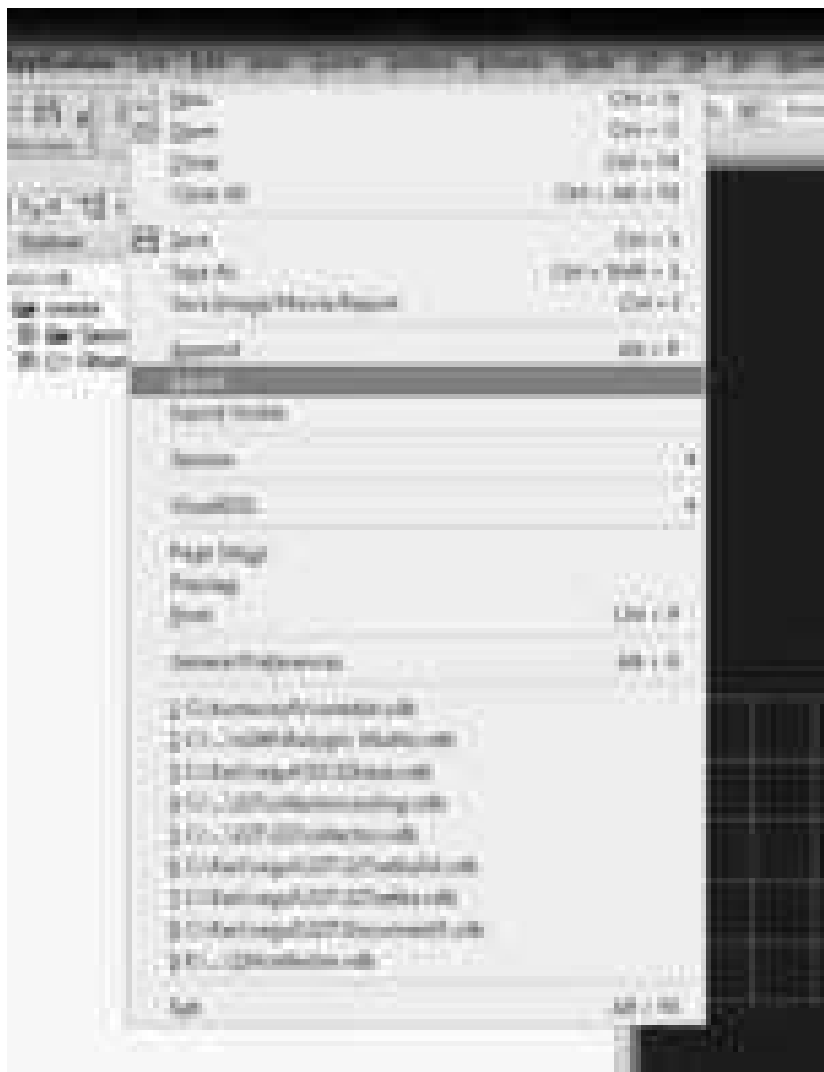


Рисунок 3.8 – Экспорт файла

Выбираем формат ASC (рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 – выбор формата файла

Важно! Не забываем написать число 30 иначе WeldPlaner не откроет файл.

Запускаем программу ESIWeldPlaner..

Загружаем деталь:

Нажимаем на кнопку Import в левом верхнем углу экрана (рисунок 3.10)



Рисунок 3.10-загрузка детали

Выбираем заранее экспортированный файл в формате ASC (рисунок 3.11)



Рисунок 3.11 – выбор экспортированного файла

На экране отображается загруженная деталь (рисунок 3.12).

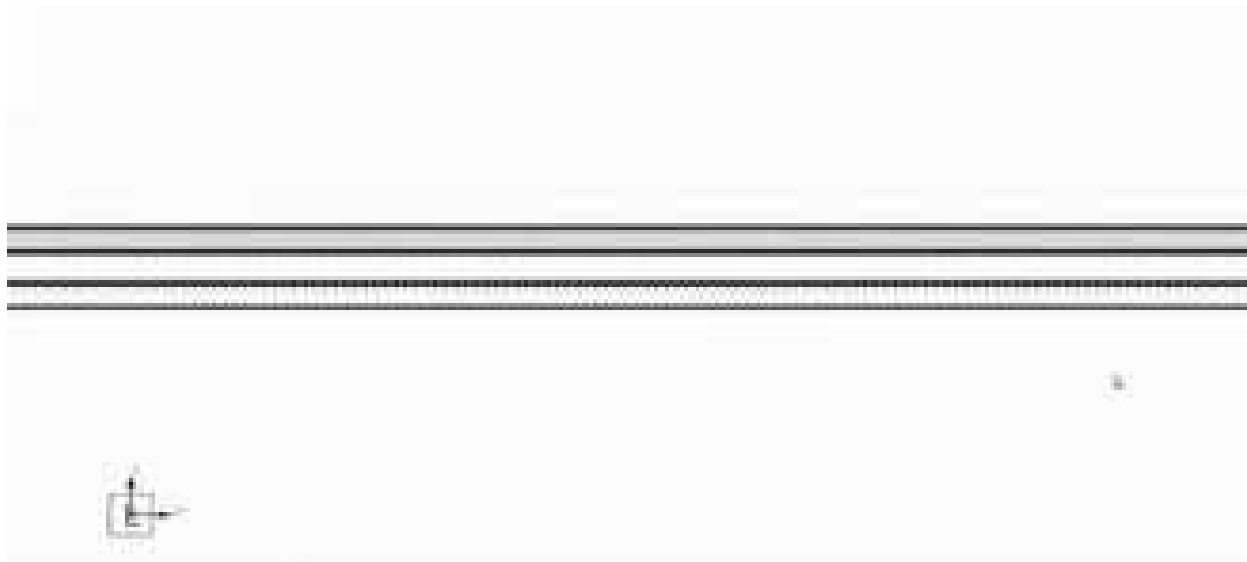


Рисунок 3.12 - загруженная деталь

Далее задаем толщины частей детали, для этого:

Справа в верхнем углу есть заданные еще в Вэлдпланере части. Выбираем часть снизу справа (рисунок 3.13):



Рисунок 3.13 – выбор материала детали

Material – это материал который мы задаем для детали.

Thickness – это толщина детали которую мы задаем.

В данном примере выбрана обычная сталь и толщина части 16 мм.

После того как мы задали толщины и материал наших частей детали необходимо наложить сварные швы:

Выбираем вкладку Weldseams, находим слева строку WeldDefinition выбираем Pathbetween 2 points (путь по 2 точкам) (рисунок 3.14).



Рисунок 3.14 – выбор способа наложения сварных швов

Выбираем точку начала сварки на детали и задаем направление (кликом в стартовой точке сварки и в конечной точке сварки). Тем самым задается направление сварки (рисунок 3.15).



Рисунок 3.15 – задаем направление сварки

После того как мы накладываем шов справа по середине под папкой Weld появляются номера сварных швов (рисунок 3.16):

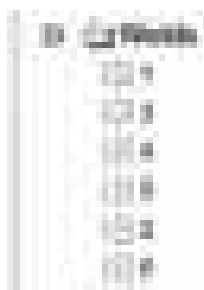


Рисунок 3.16 – номера сварных швов

Узнать где какой шов находится можно щелкнув по номеру шва, на детали будет показано где и в каком направлении пойдет сварка.

Также после того как мы задали направление его можно поменять выбрав вторую иконку справа (рисунок 3.17):



Рисунок 3.17 – выбор направления сварки

Проведя вышеперечисленные манипуляции получаем необходимый результат (рисунок 3.18).

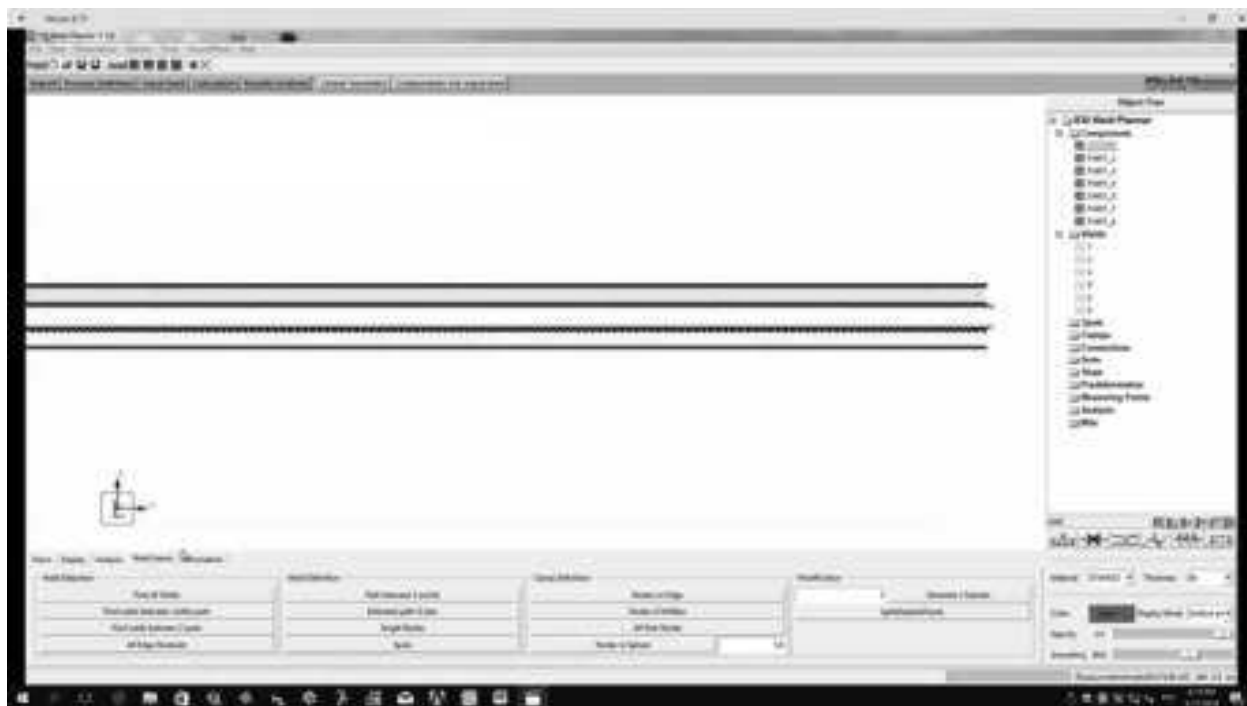


Рисунок 3.18 – подготовленное к расчету изделие

Если нам надо упорядочить нумерацию швов, то под деревом объектов есть иконки, иконку выбираем исходя из того как и куда нужно передвинуть нумерацию (рисунок 3.19).



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.01.2018.002.00 ПЗ

Лист

54

Рисунок 3.19 – упорядочение

Далее если необходимо задать закрепление детали и диаметр крепления, то выбираем NodesinSphere (рисунок 19):

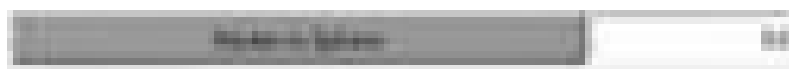


Рисунок 3.20 - закрепления

Данная кнопка находится в разделе ClampDefenition.

Далее выбираем место закрепления (рисунок 20).

После того как нажали кнопку крепления выбираем необходимое место крепления исходя из тех задач что стоят перед нами: задач что стоят перед нами:

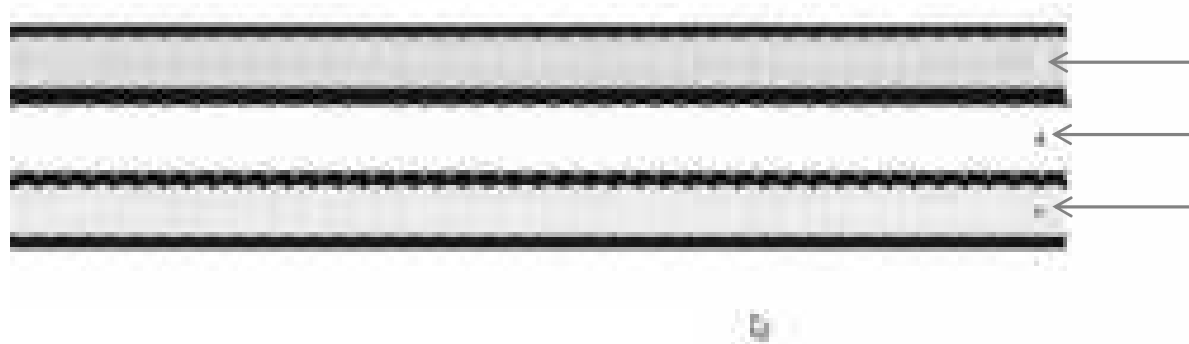


Рисунок 3.21 – выбор мест закрепления

Важно! Выставляя закрепления они отображаются в сварке :

Закрепления надо перенести в папку Clamps.

Выбираем закрепление, снизу в графе ObjectType выбираем Clamps и повторяем со всеми закреплениями (рисунок 21).



Рисунок 3.22 – перенос закреплений


Когда переносим закрепления в папку Clamps выставляем по каким осям идет закрепление исходя из задач поставленных перед нами (рисунок 3.23):



Рисунок 3.23 – выбор осей закрепления

Далее выбираем как будет проходить сварка, а именно какие швы будут завариваться и в какой последовательности, а также в какой проход сварки нам нужно будет закрепление:



Нажимаем  на верхней панели. В появившемся окне нажимаем OneWeldPerStep (рисунок 3.24).

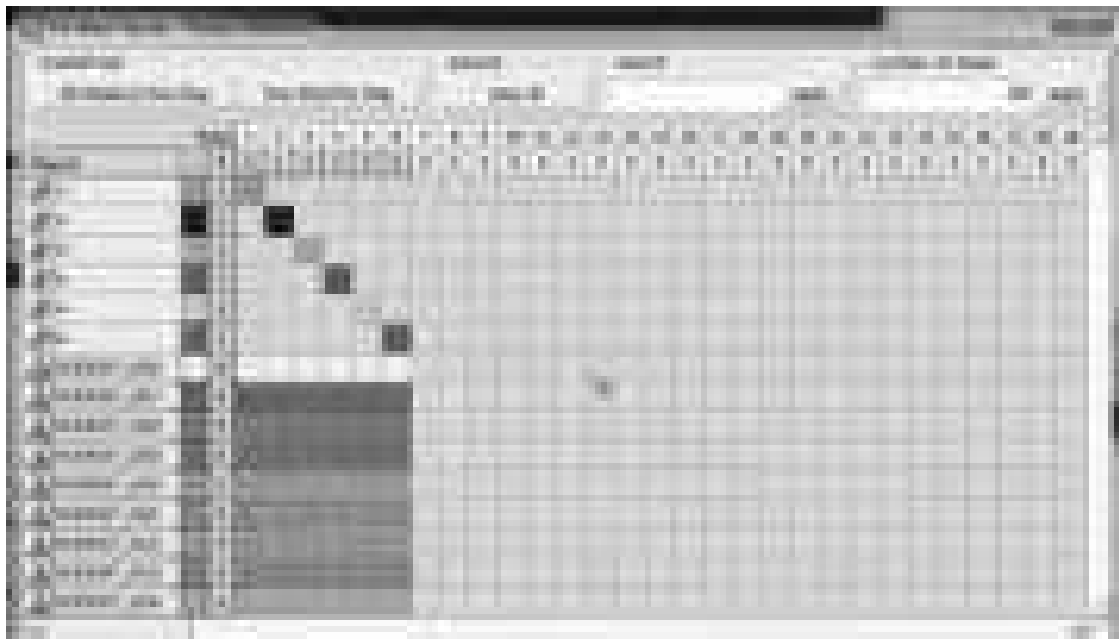


Рисунок 3.24 – выбор порядка наложения сварных швов

Жмем «Ок»

Нажимаем **Save**. Сохраняем файл в формате ps (рисунок 3.25).



Рисунок 3.25 – сохранение файла

Нажимаем **Simulation**. Появляется окно Simulation (Рисунок 3.26)



Рисунок 3.26 – симуляция сварки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Как только процесс закончен (Рисунок 3.27), закрываем окно.



Рисунок 3.27 – окончание процесса симуляции наложения сварных швов
 Нажимаем **Сохранить процесс** и загружаем файл процесса в формате dat(рисунок 3.28).



Рисунок 3.28 – загрузка файла процесса

Получаем результаты корабления, они отображаются снизу справа рисунки
 Красным выделено максимальное, синим минимальное.

Результаты экспериментального моделирования

После выполнения 4 моделирований получаем 4 результата корабления:

Эксперимент №1:

Условные обозначения:

+ - справа налево относительно оси X

- - слева на право

Результаты на рисунке 3.29 и 3.30.

Таблица

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Таблица 3.1 - Порядок наложения швов:

№шага	№пролета Номер шва	1		2		3	
		1	2	3	4	5	6
1			+		+		
2		-		-			
3						-	+



23-STAGE1 - Distortion (mm): min 0.179 / max55.573
0.179 14.0 27.9 41.7 55.6

Рисунок 3.29 – коробление детали



23-STAGE1 - Deformed Geometry (Factor 100)
0.179 14.0 27.9 41.7 55.6

Рисунок 3.30 – коробление детали

Эксперимент №2:

Результаты на рисунках 3.31 и 3.32.

Таблица 3.2 - Порядок наложения швов для второго эксперимента:

№шага	№пролета Номер шва	1		2		3	
		1	2	3	4	5	6
1			+			+	
2		-					-
3				-	+		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.01.2018.002.00 ПЗ

Лист

60

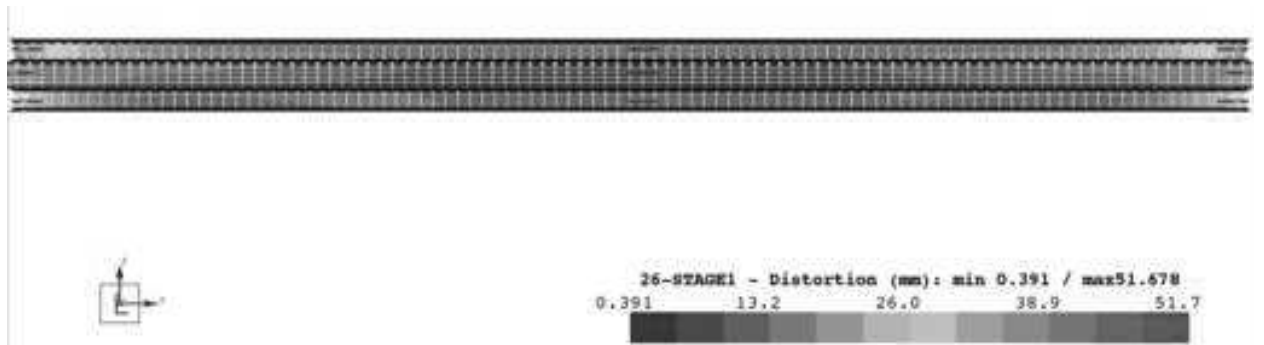


Рисунок 3.31 – коробление детали



Рисунок 3.32 – коробление детали

Эксперимент №3:

Результаты на рисунках 3.33 и 3.34.

Таблица 3.3 - Порядок наложения швов для второго эксперимента:

№шага	№пролета Номер шва	1		2		3	
		1	2	3	4	5	6
1		+					+
2			-			-	
3				+	-		



Рисунок 3.33 – коробление детали

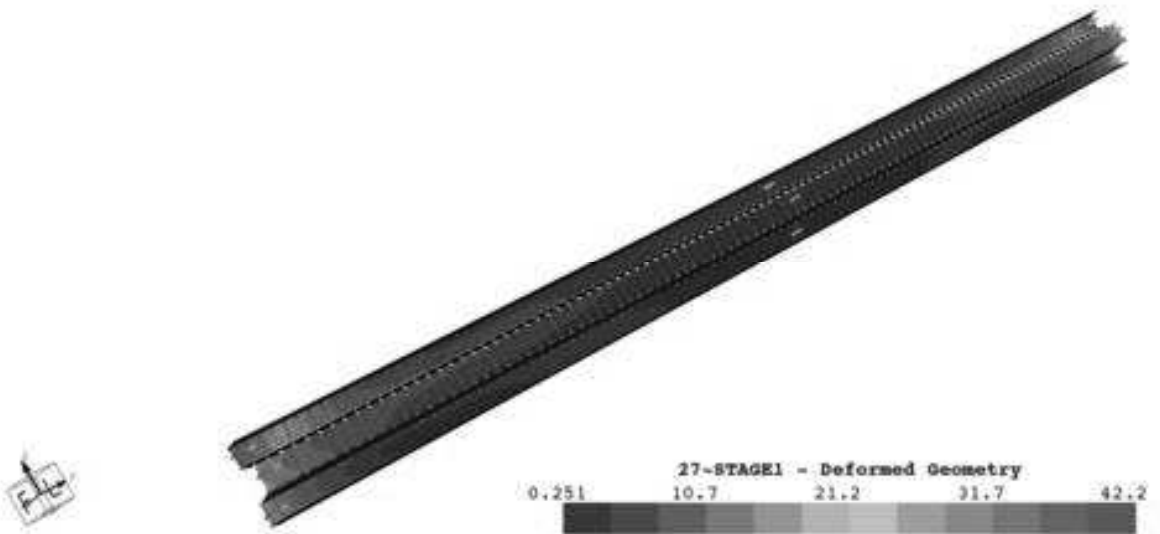


Рисунок 3.34 – коробление детали

Эксперимент №4:

Результаты эксперимента на рисунках 3.35 и 3.36.

Таблица 3.4 - Порядок наложения швов для второго эксперимента:

№шага/№пролета	1		2		3	
Номер шва	1	2	3	4	5	6
1			-	+		
2	+					-
3		-			+	



Рисунок 3.35 – коробление детали



Рисунок 3.36 – коробление детали

Выводы по экспериментальному моделированию в Weld Planner

Исходя из поставленных задач и проведенных экспериментов, с применением численного метода расчета, были подобраны оптимальные режимы наложения швов с минимальным влиянием на коробление, которое составило: 38,7 мм. Швы необходимо накладывать в три этапа: на первом этапе необходимо начать сварку двух краев центральной полки с противоположных сторон на встречу друг другу. На втором этапе необходимо начать сварку краев полок ПШС с двух противоположных концов на встречу друг другу, сваривать нужно полки по обе стороны от центра изделия с крайней стенкой. На третьем необходимо начать сварку краев полок ПШС со стенками центральной части изделия с двух противоположных концов, сварка должна быть встречной.

Расчет влияния конструктивного неперова на прочность сварного

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

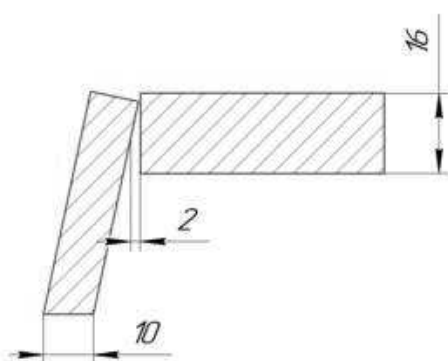
соединения методом конечно-элементного анализа в программе ANSYS.

ANSYS — это универсальная программная система конечно-элементного (МКЭ) анализа решения линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твёрдого тела и механики конструкций задач механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, а также механики связанных полей.

Условное обозначение сварного соединения: У5 по ГОСТ 147771.

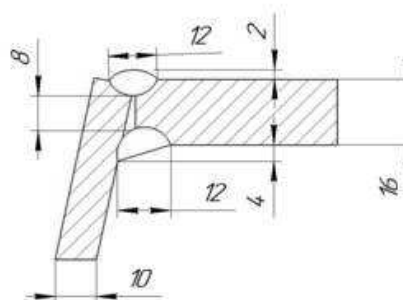
Испытания сварного соединения рисунок 3.37:

Подготовка кромок



а

Швы сварного элемента



б

Рисунок 3.37 – а – подготовка кромок; б – вид сварного соединения

Прочность угловых сварных соединений полки и стенки панелей ПШС проверили путем испытания натуральных образцов соединений на растяжение и сжатие с изгибом к плоскости поперечного сечения. Испытания провели в испытательном центре «ЦПИИС-ТЕСТ» на машине МУН - 50. Образцы номинальной шириной 70 мм изготовили из стали 17Г1С. Схема испытания отражена на рисунке 3.37. Задача испытаний состояла в установлении формы разрушения образцов соединений и в определении значений силовых факторов (продольной силы и изгибающего момента) вызвавших разрушение. На каждый из видов силового воздействия испытали по 3 группы образцов, различавшихся сочетанием толщин стенки и полки (группа 10 и 10, группа 2 - 10 и 14, группа 3 - 12 и 14 мм соответственно у стенки и полки). Общее количество образцов -39. Во всех без исключения испытаниях на растяжение с изгибом формой разрушения

образца был разрыв по основному металлу. Сварной шов и околошовная зона повреждений не имели, это видно на рисунках 3.38 и 3.39.



Рисунок 3.38 – Испытание угловых сварных соединений панелей



Рисунок 3.39 – Форма разрушения образца с угловым сварным соединением при растяжении



Рисунок 3.40 – Деформирование образца с угловым сварным соединением при сжатии

Для оценки влияния конструктивного непровара был произведен расчет деформированного состояния сварного соединения с полным проваром и непроваром 0,5 толщи шпунтовой панели получены следующие:

Конструктивный элемент в виде сварного соединения был загружен в программу ANSYS. Были проведены эксперименты аналогичные тем, которые использовались для проверки деформированного состояния сварных соединений с конструктивным непроваром. Результаты приведены на рисунках 3.41, 3.42 и 3.43.

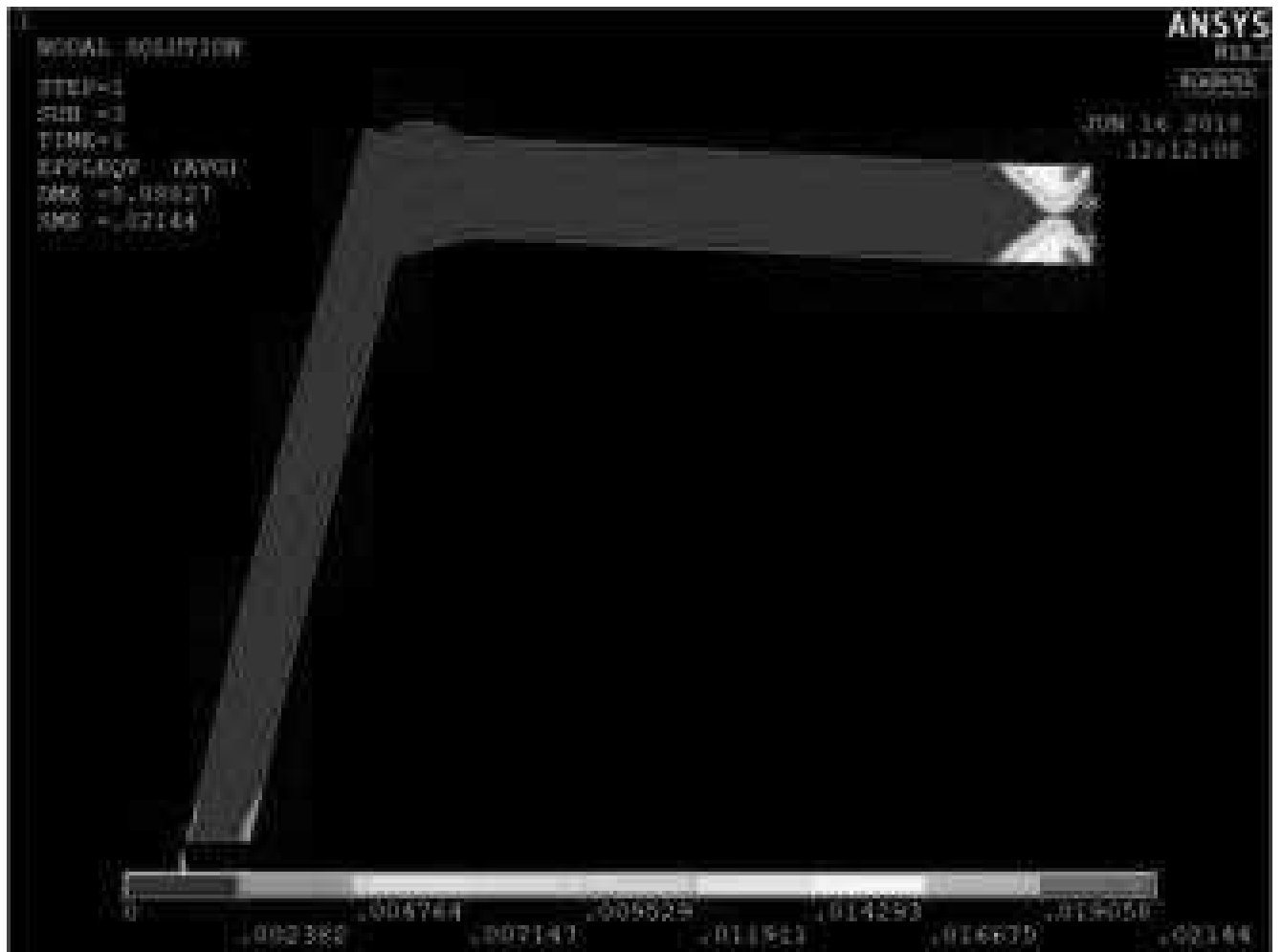


Рисунок 3.41 – деформированное состояние детали с полным проваром

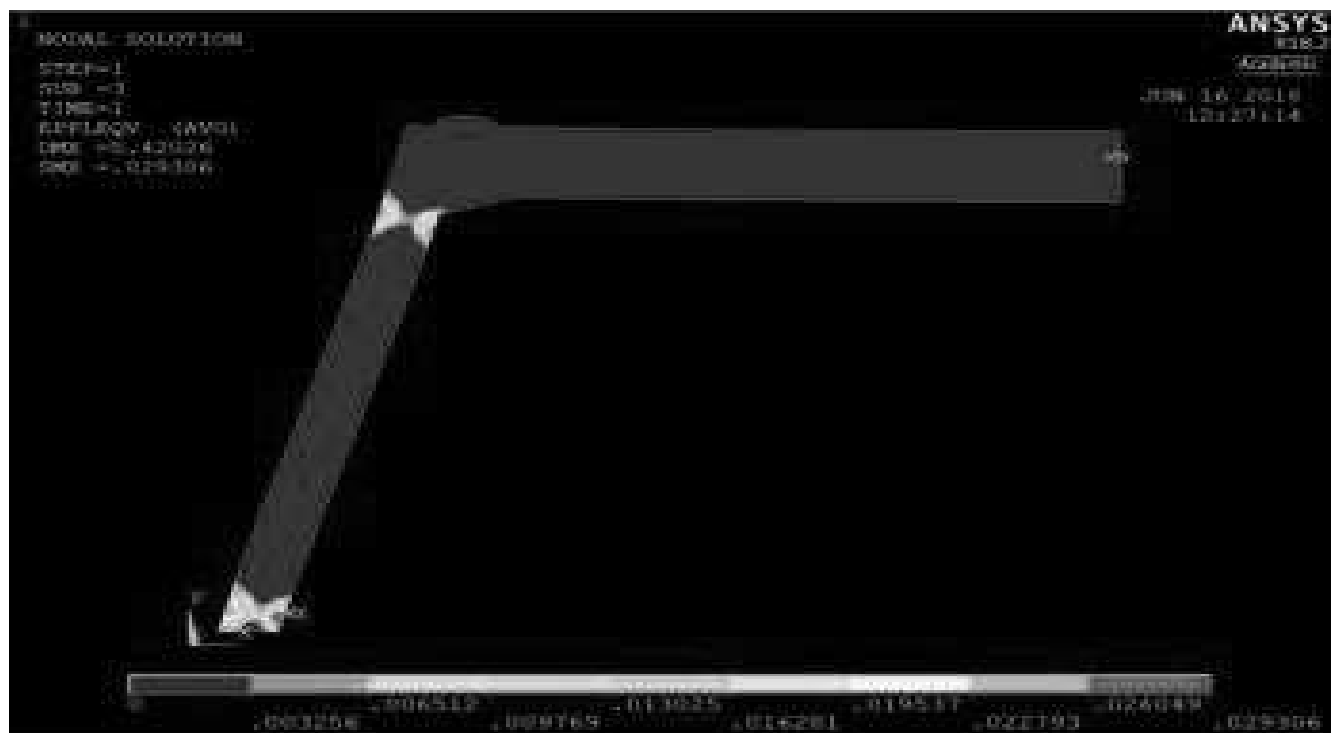


Рисунок 3.42– деформированное состояние детали с полным проваром

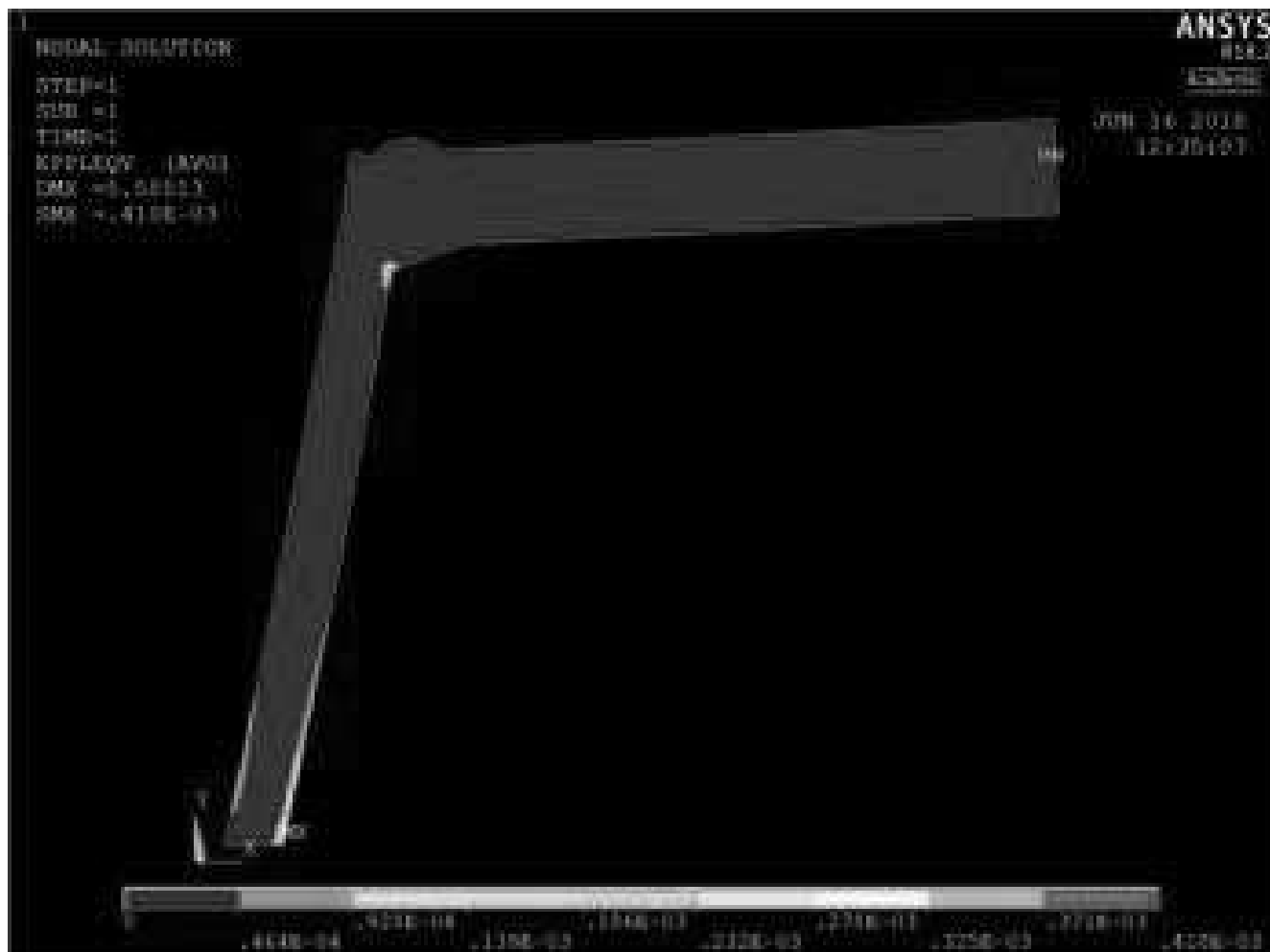


Рисунок 3.43 – деформированное состояние детали с полным проваром

Для исследования влияния непровара на прочность сварного соединения был смоделирован конструктивный непровар протяженностью 8 мм:

Конструктивный элемент в виде сварного соединения был загружен в программу ANSYS (рисунок 3.44):

Эксперимент №1:

Первый эксперимент мы ставили при закреплении полки по осям XY, а сдвигали стенку по оси X:



Рисунок 3.44 – загруженная деталь

Разбиваем деталь на отдельные элементы, рисунок 3.45:

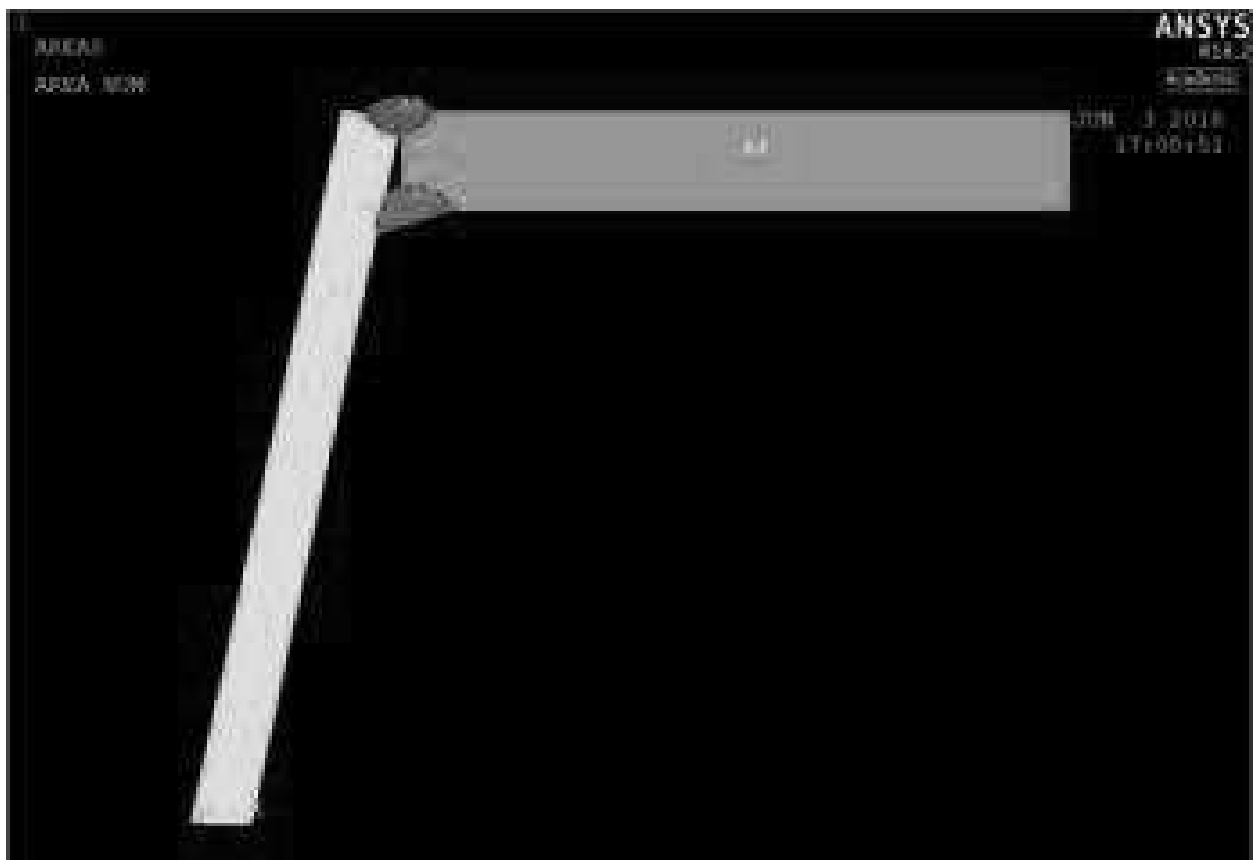


Рисунок 3.45 – разбивка на отдельные элементы

Разбиваем на конечные элементы, рисунок 3.46:

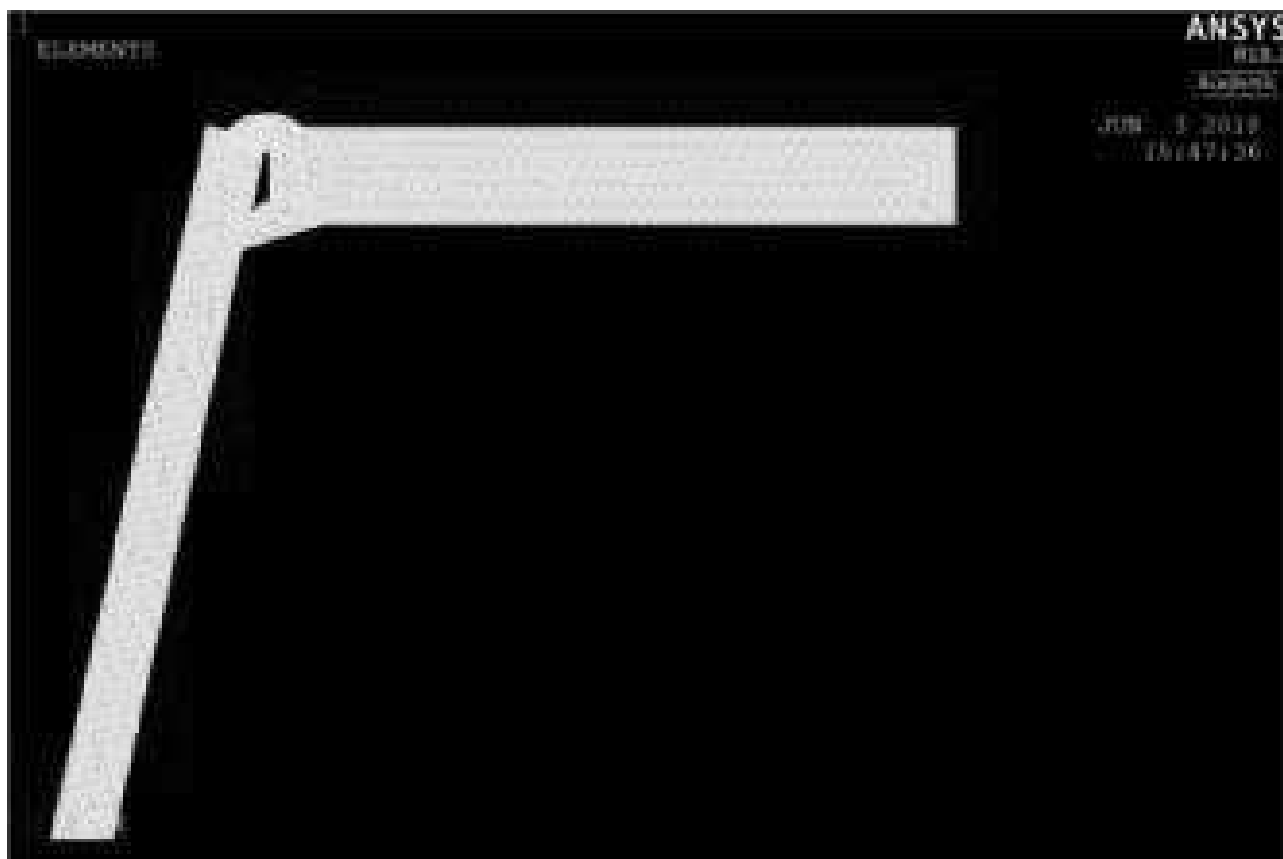


Рисунок 3.46 – конечные элементы

В материале модели задаем линейную изотропию и билинейную изотропию, рисунок 3.47:

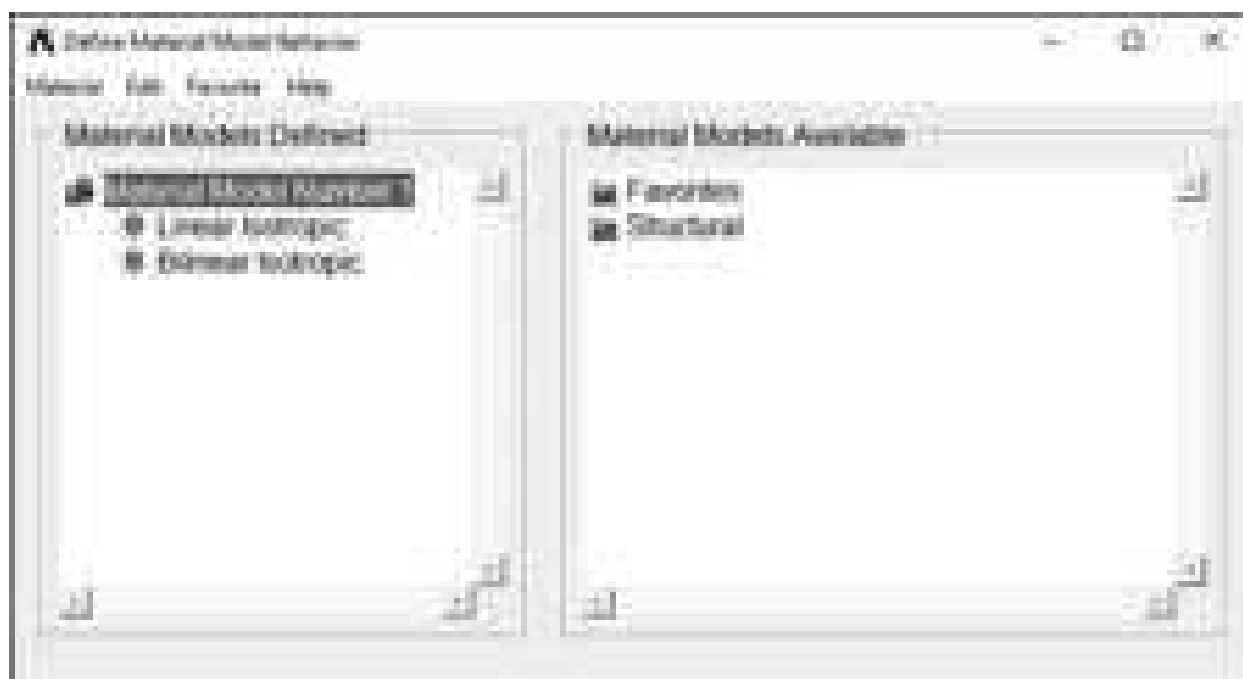


Рисунок 3.47– задаем линейную изотропию и билинейную изотропию

Выставляем закрепление полки детали по осям ХУ и производим сдвиг стенки детали по оси Х:

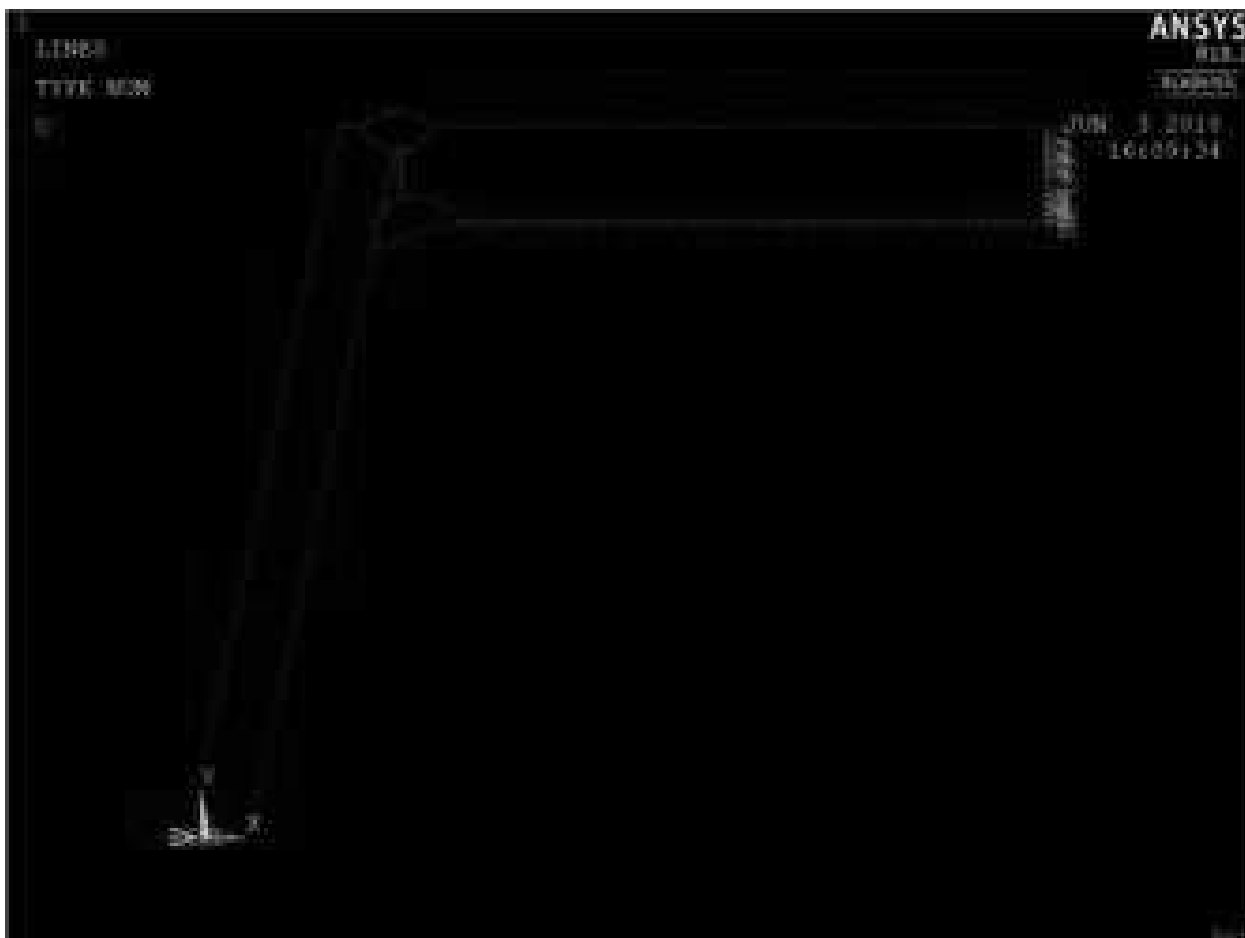


Рисунок 3.48 – производим сдвиг стенки

После этих манипуляций программа проводит расчет:

Далее смотрим результат расчета:

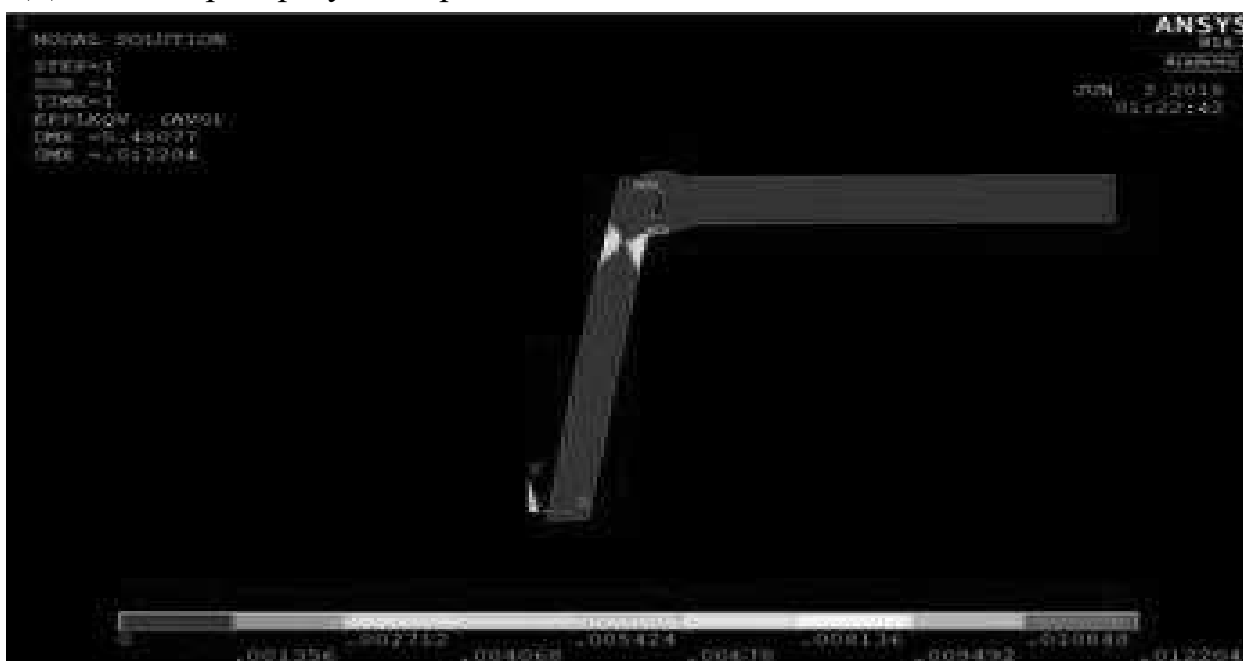


Рисунок 3.49 – результат расчета



Рисунок 3.50 – результат расчета

По результатам первого эксперимента, рисунки 3.49 и 3.50, мы наблюдаем отсутствие влияния конструктивного непровара на местоположение возможного разрушения детали.

Эксперимент №2:

Второй эксперимент мы ставили при закреплении полки по осям XY, а стенку сдвигали по оси Y. Остальное выполняется аналогично эксперименту №1. Результаты приведены на рисунках 3.51 и 3.52.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

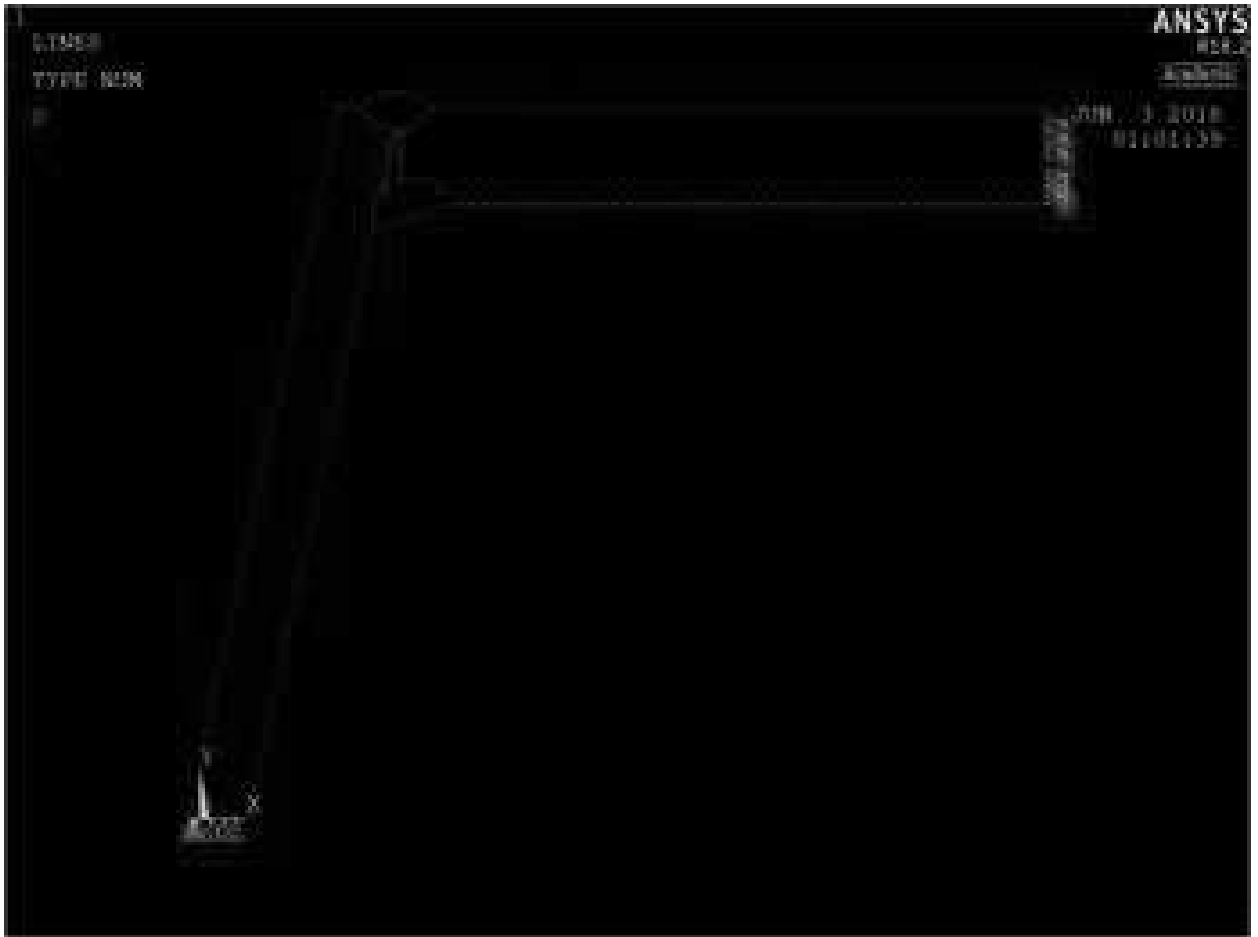


Рисунок 3.51 – сдвиг детали

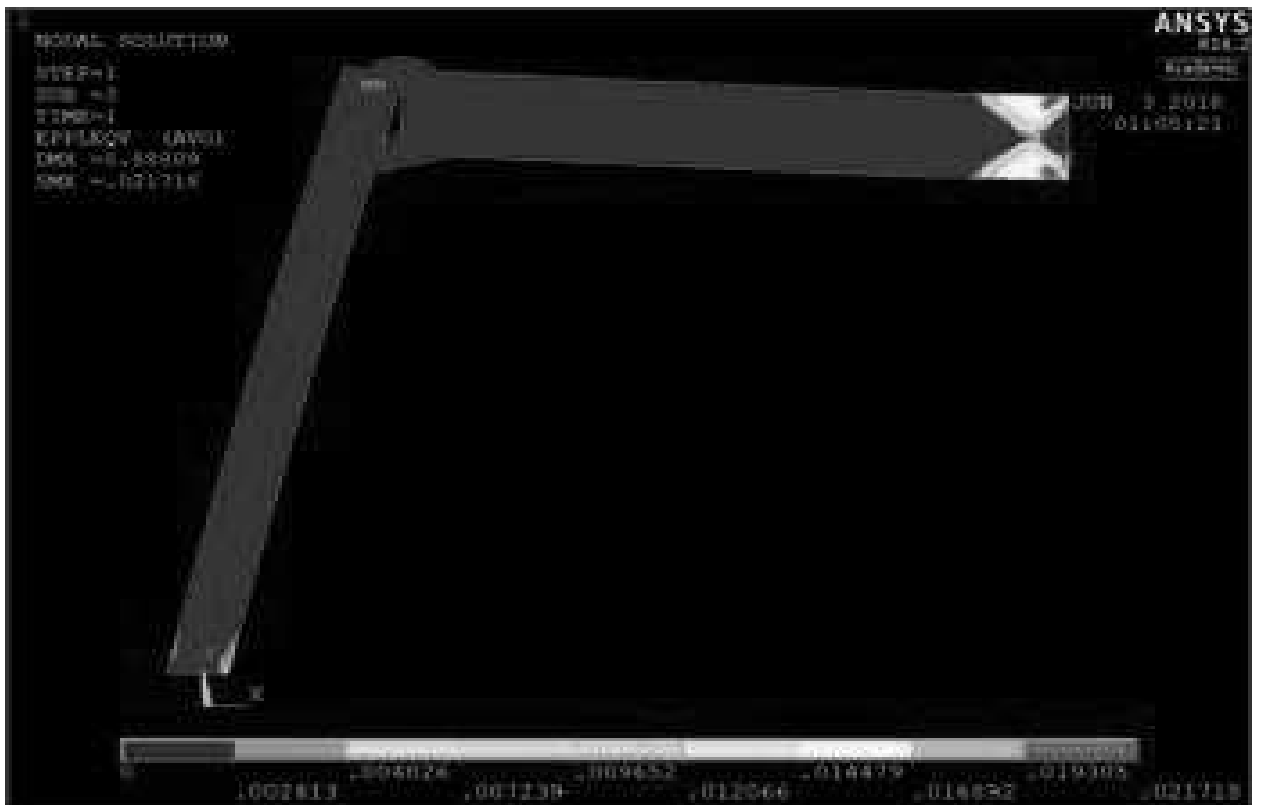


Рисунок 3.52 – результат расчета

По результатам второго эксперимента мы наблюдаем отсутствие,

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

существенного влияния конструктивного непровара на место возможного разрыва детали.

Эксперимент №3:

Третий эксперимент мы ставили при закреплении стенки по осям XY, а полку сдвигали по оси X. Остальное выполняется аналогично эксперименту №1. Результаты приведены на рисунках 3.53 и 3.54.

Закрепление детали:

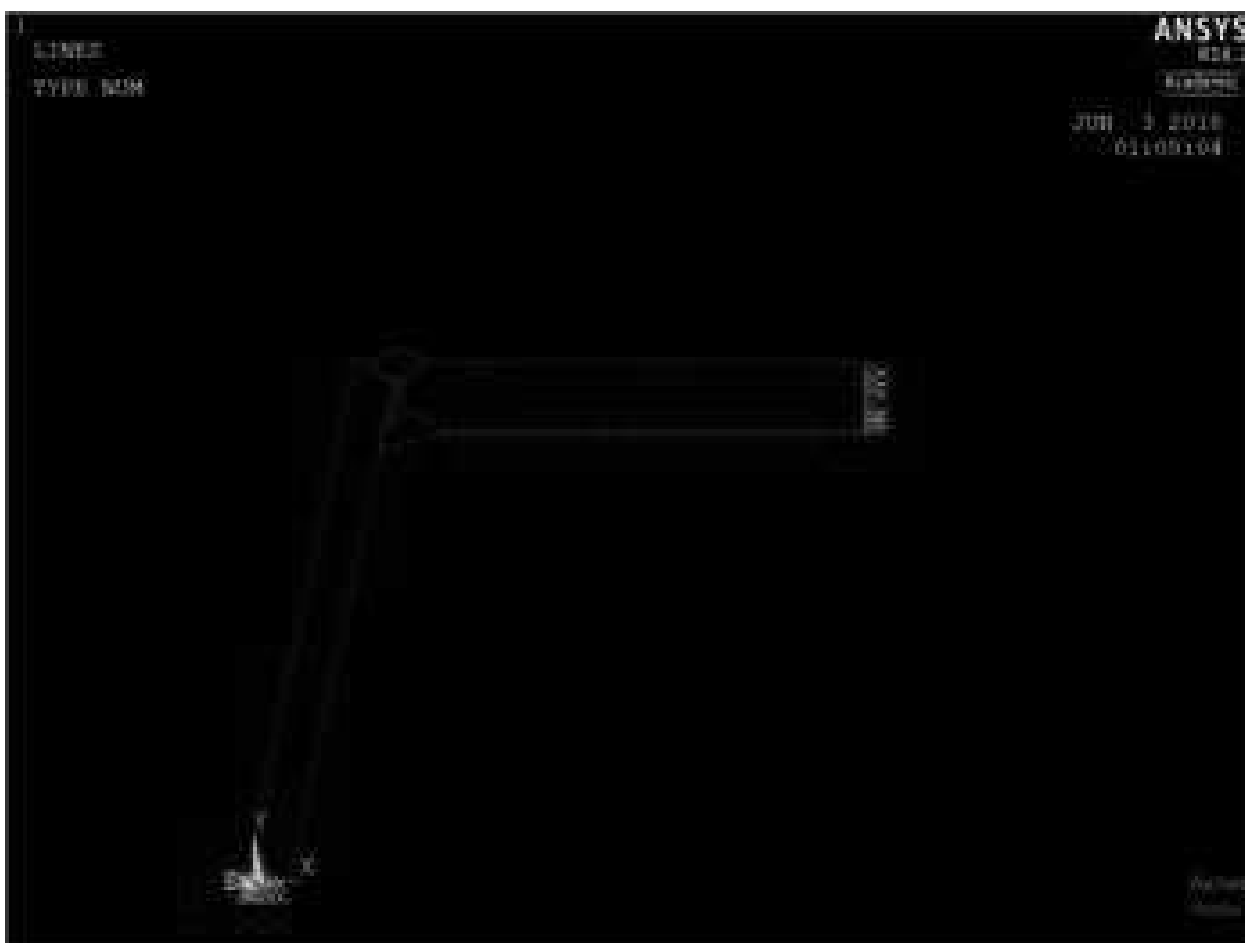


Рисунок 3.53 – сдвиг детали

Полученный результат третьего эксперимента:

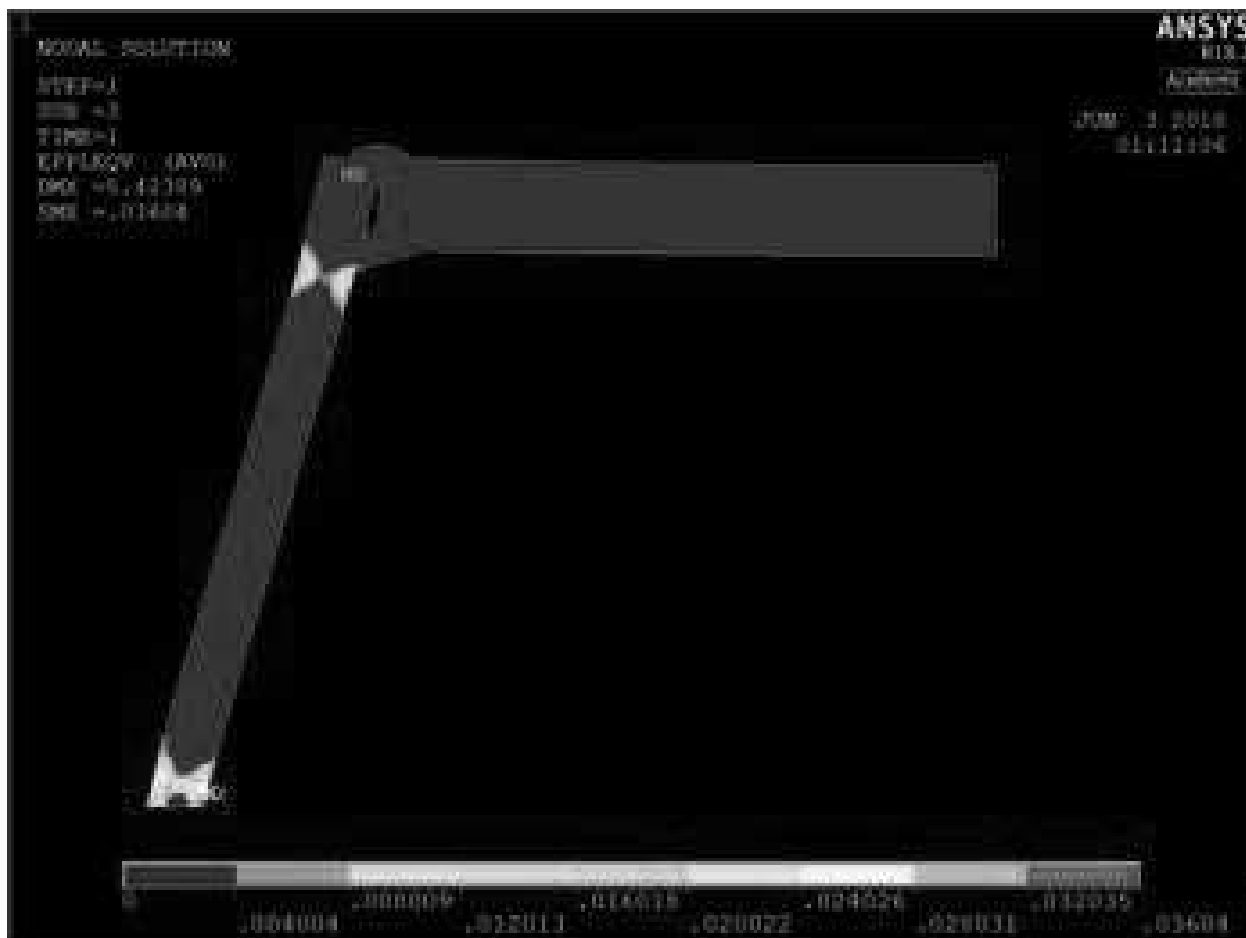


Рисунок 3.54 – результат расчета

По результатам третьего эксперимента мы наблюдаем отсутствие, существенного влияния конструктивного непровара на место возможного разрыва детали.

Эксперимент №4:

Четвертый эксперимент, мы ставили при закреплении стенки по осям XY, а полку сдвигали по оси Y. Остальное выполняется аналогично эксперименту №1. Результаты приведены на рисунках 3.55, 3.56 и 3.57.

Закрепление детали:

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75



Рисунок 3.55 – сдвиг детали

Результаты расчета:

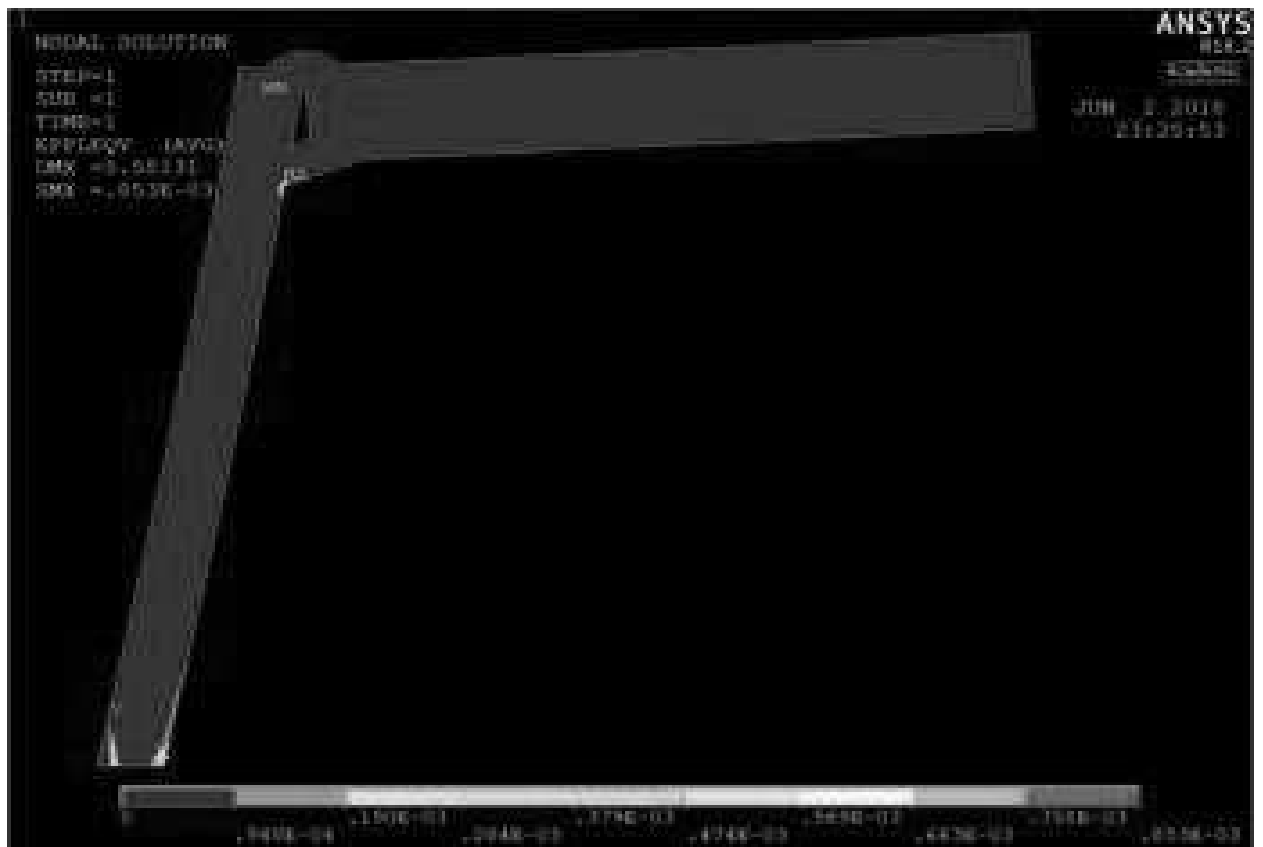


Рисунок 3.56 – результат расчета

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

Место максимальной деформации:

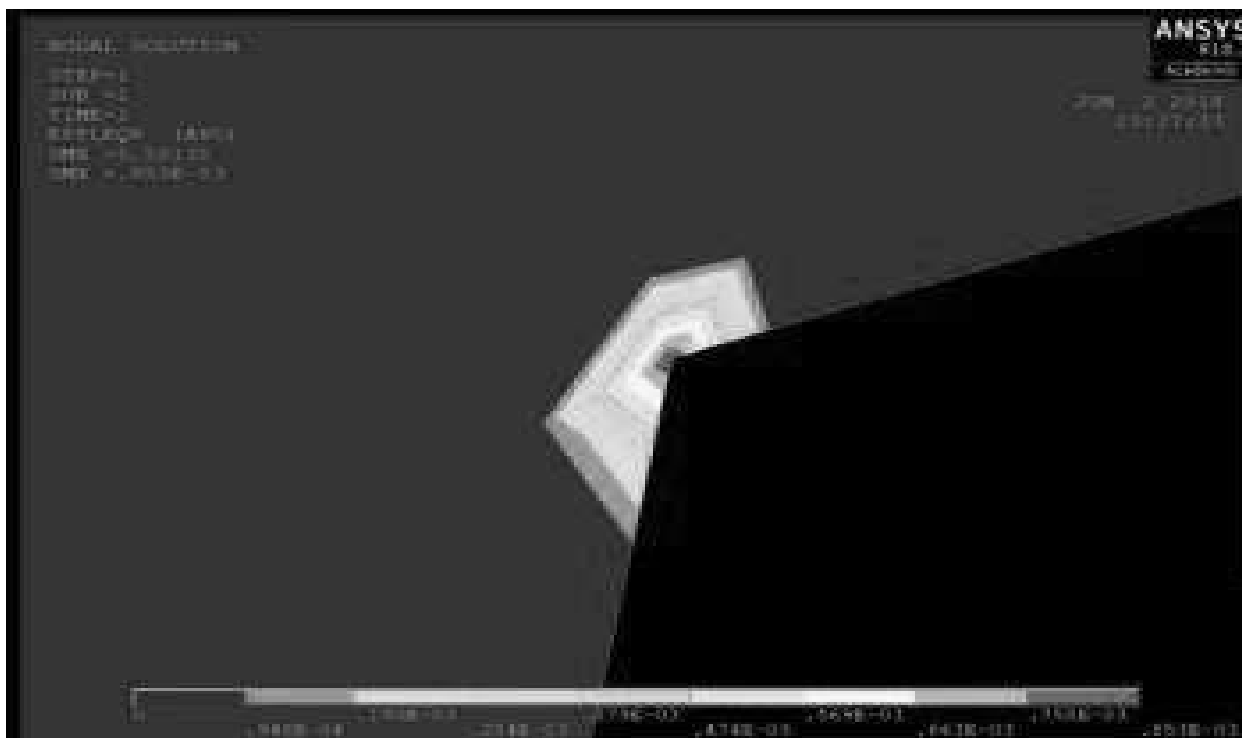


Рисунок 3.57 – результат расчета

По результатам четвертого эксперимента мы наблюдаем отсутствие, существенного влияния конструктивного непровара на место возможного разрыва детали.

В результате проведенных экспериментов в программе ANSYS можно сделать следующий вывод: конструктивный непровар не оказывает существенного влияния на деформированное состояние наиболее опасного сечения ПШС и на возможные разрывы металла в местах максимальной деформации. Максимальные деформации возникают в зоне перехода от сварного шва к основному металлу.

Таким образом при конструировании ПШС 50/150 можно допустить конструктивный непровар в корне сварного шва длиной не более 8 мм. Это позволит уменьшить величину тепловложений при сварке и снизить коробления изделия.

Результаты моделирования сварки в SYSWELD.

Программа SYSWELD была разработана в 1970-х годах в недрах Министерства атомной промышленности Франции, а затем передана для коммерциализации французской фирме FRAMASOFT S.A., подразделению компании FRAMATOME, которая является известным разработчиком

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

технологий, применяемых в атомной энергетике. Фирма FRAMASOFT S.A. сделала из SYSWELD мощный пакет программ виртуального моделирования сварки и термообработки для самых разных областей применения.

Смоделировав сварку в программе, мы получили следующие результаты:

Упрочнение – макс. 325,87. Максимальное упрочнение произошло в сварном шве, рисунок 3.58, 3.59 и 3.60. Полученное упрочнение удовлетворяет необходимым требованиям.

Распределение напряжений по Мезису, рисунки 3.61, 3.62, 3.63 и 3.64 – максимальные в зоне перехода от сварного шва к основному металлу, полученные данные позволяют сделать вывод, что если произойдет разрыв, он пойдет по основному металлу.

Тепловое поле показало провар на глубину более 4 мм, что говорит о правильности выбранного режима, рисунки 3.65, 3.66.

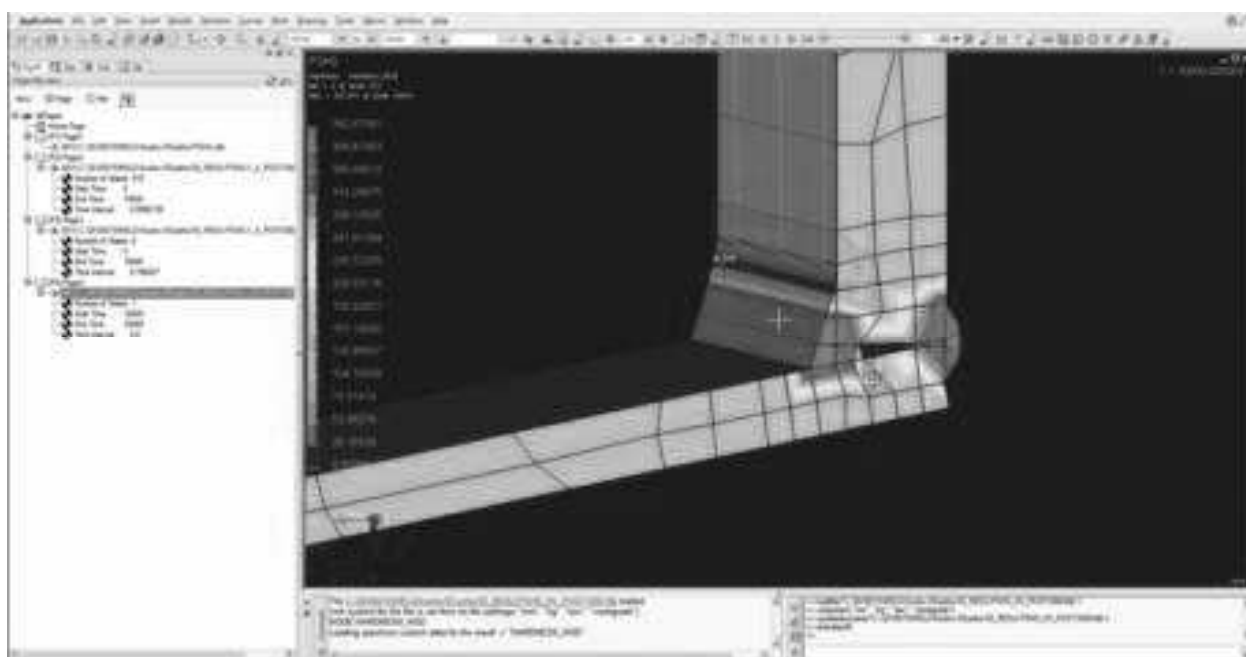


Рисунок 3.58 – упрочнение сварного шва

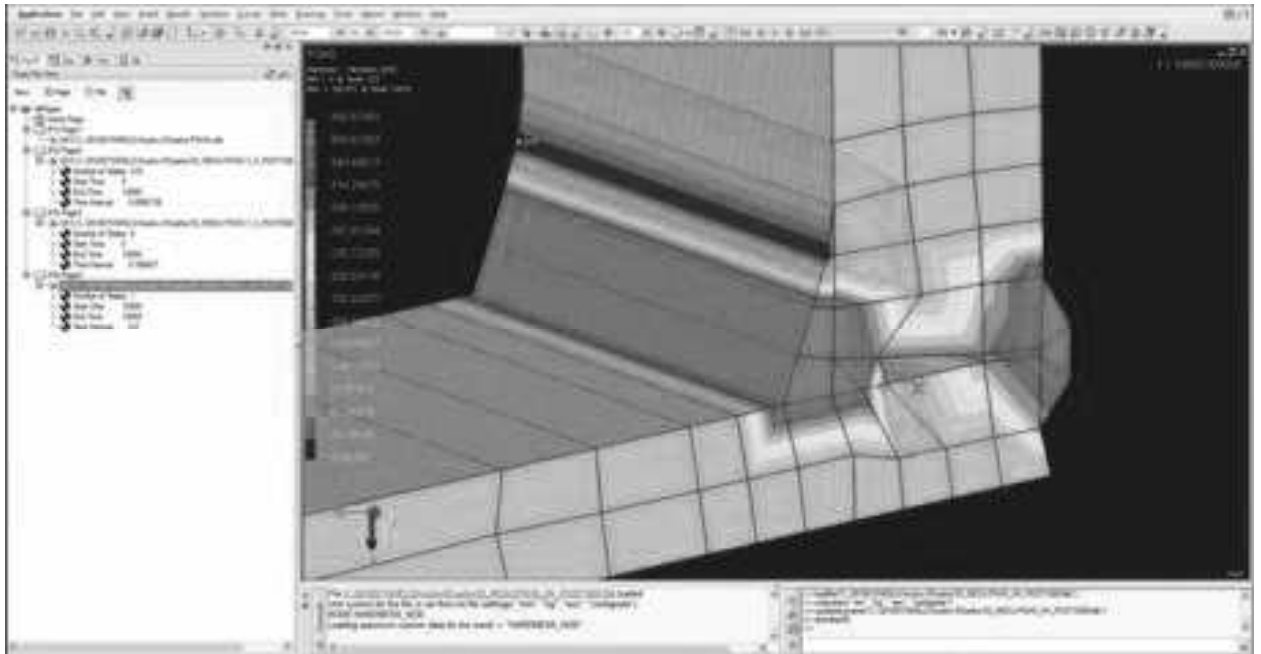


Рисунок 3.59 – упрочнение сварного шва

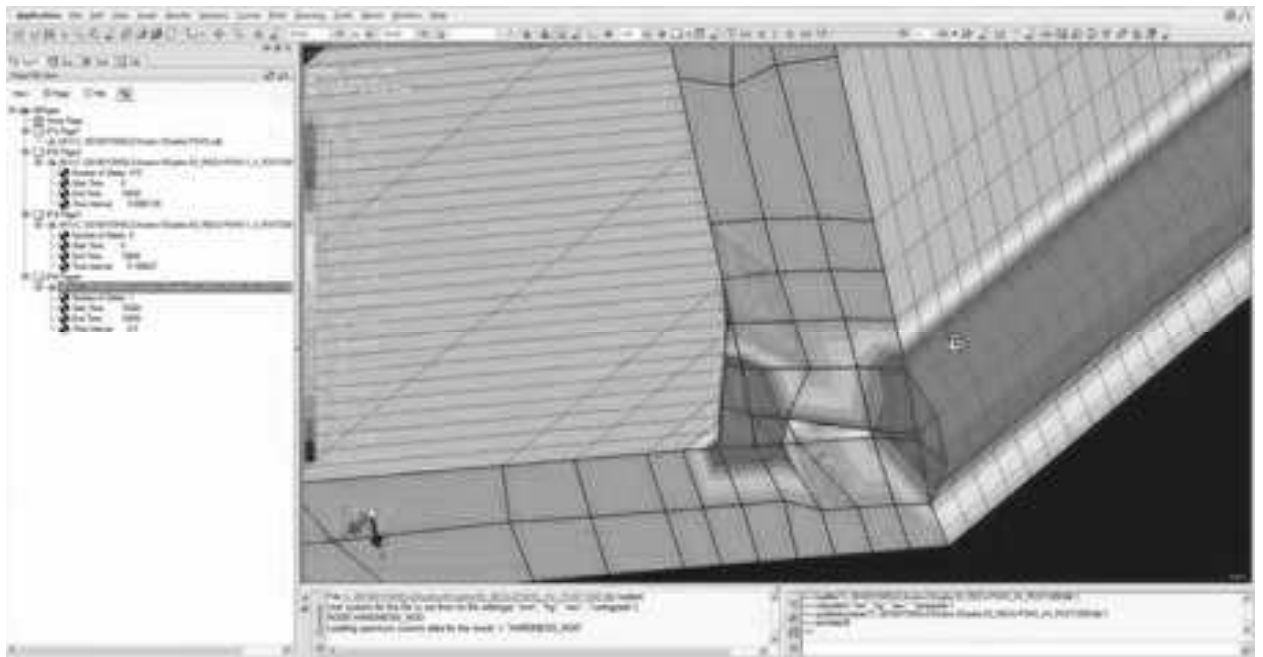


Рисунок 3.60 – упрочнение сварного шва

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.01.2018.002.00 ПЗ

Лист

79

Напряжения в детали:

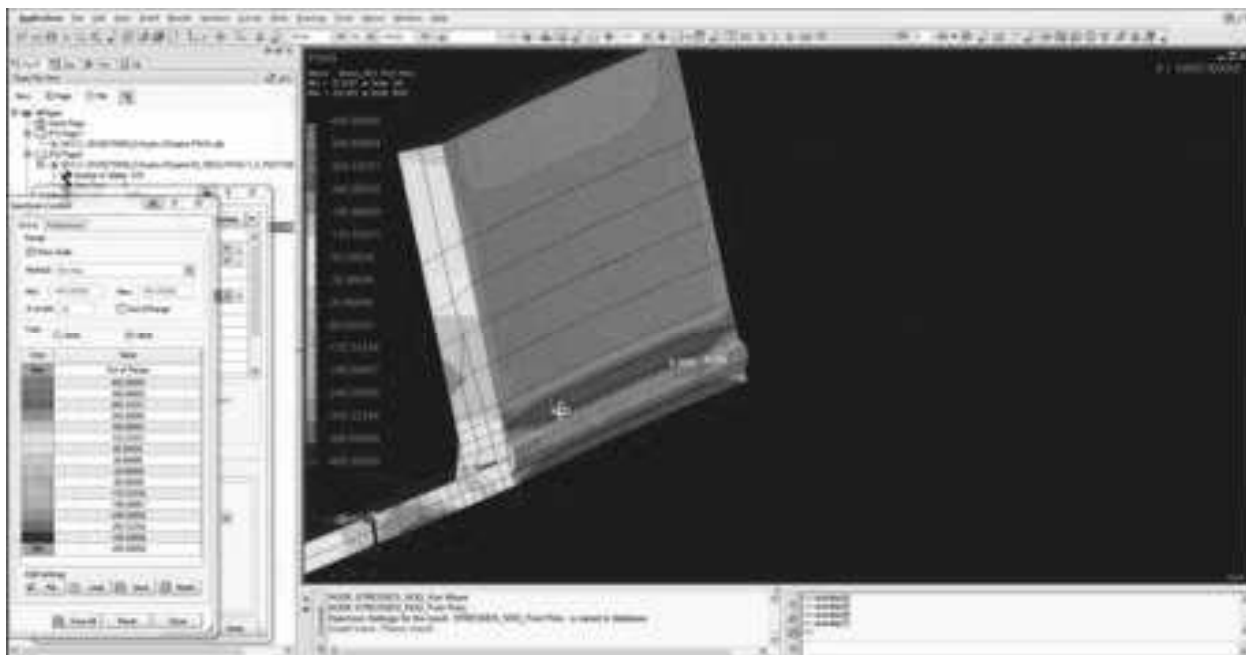


Рисунок 3.61 – напряжения в детали

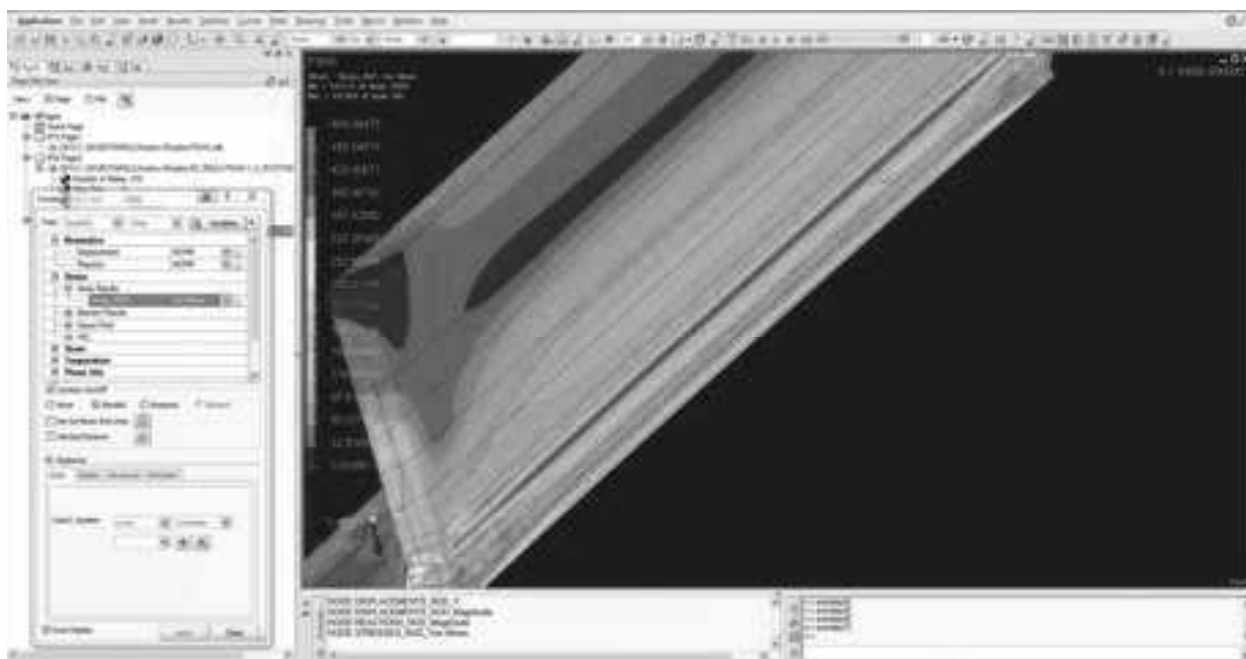


Рисунок 3.62 – напряжения в детали

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.01.2018.002.00 ПЗ

Лист

80

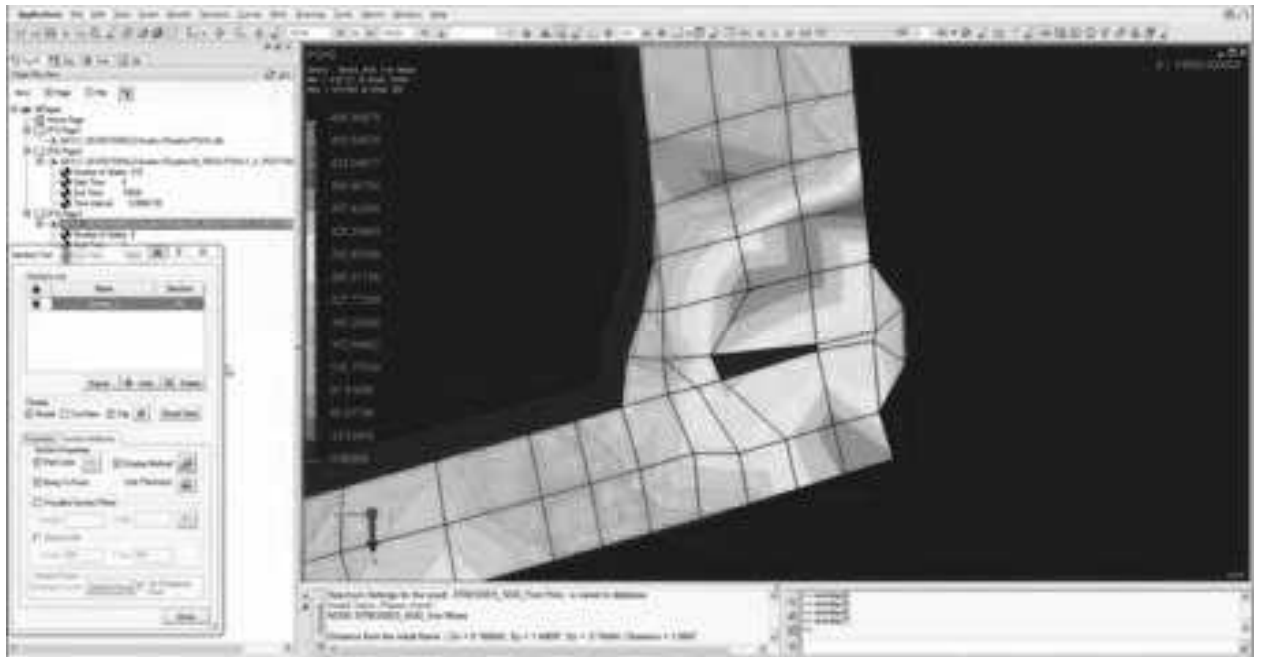


Рисунок 3.63 – напряжения в детали

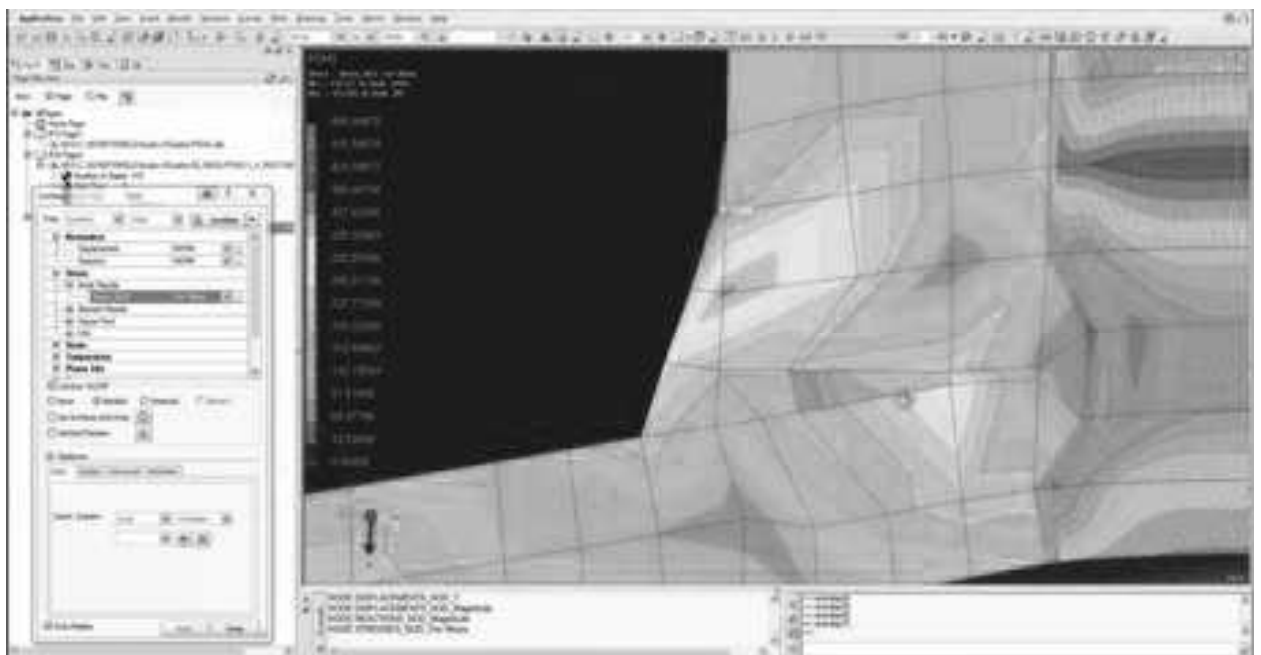


Рисунок 3.64 – напряжения в детали

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.01.2018.002.00 ПЗ

Лист

81

Тепловое поле (провар):

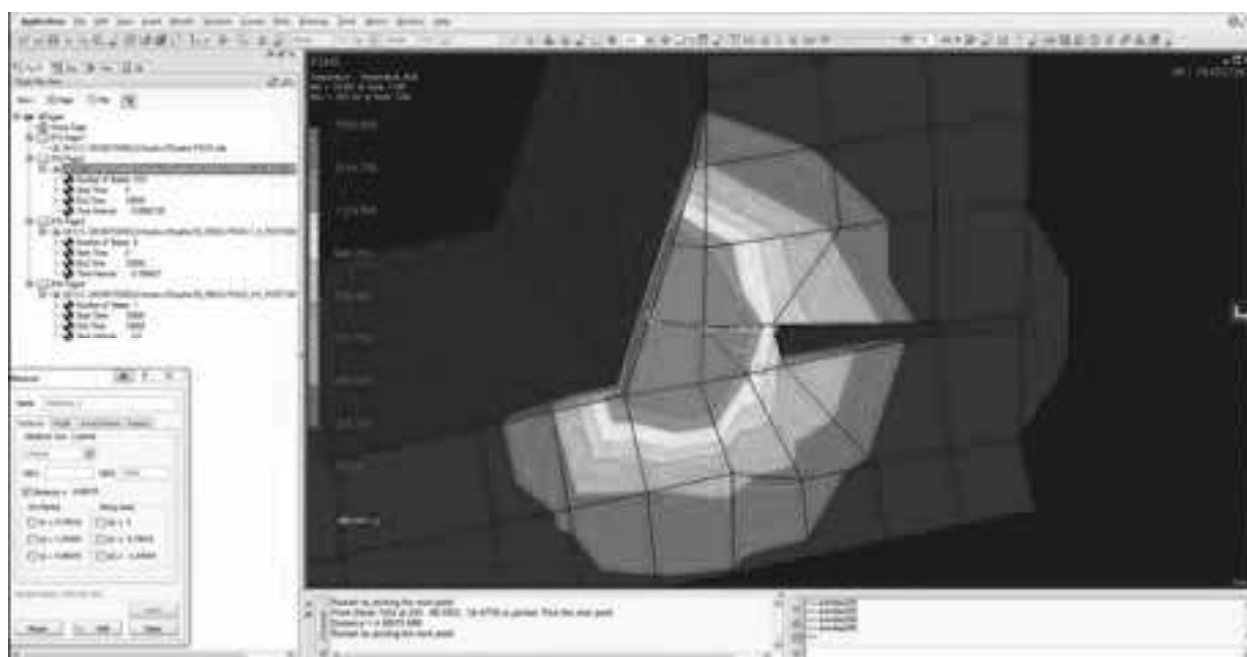


Рисунок 3.65 – показатели теплового поля

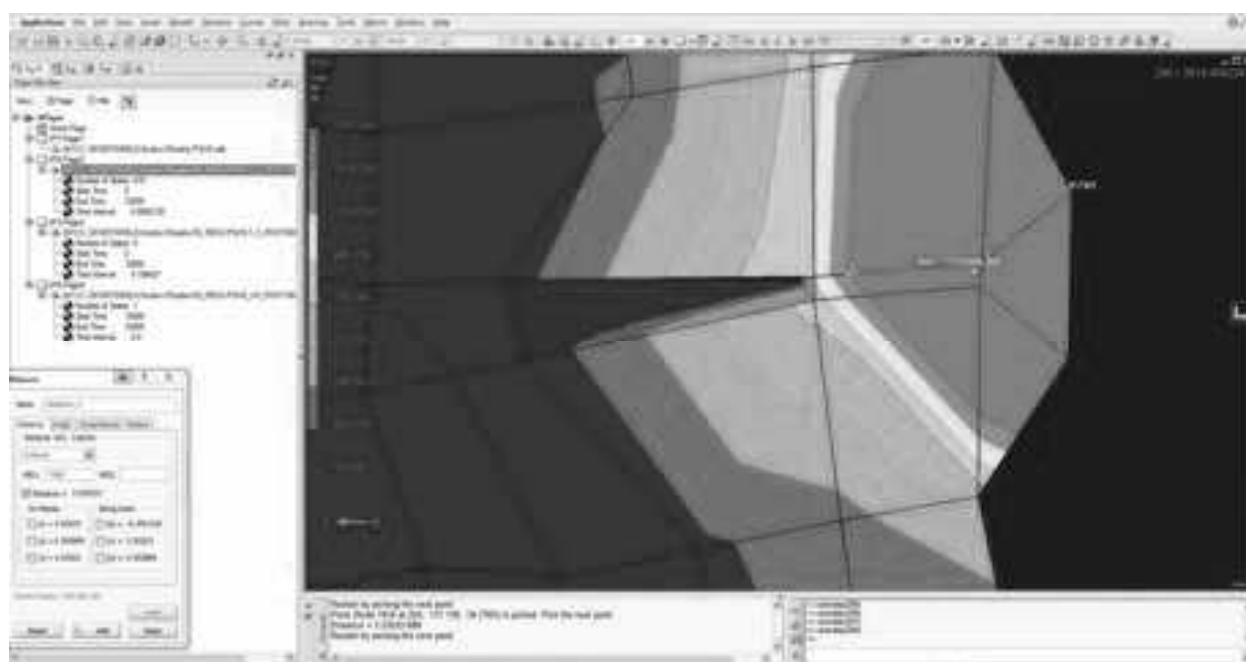


Рисунок 3.66 – показатели теплового поля

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.01.2018.002.00 ПЗ

Лист

82

3.6 Выводы по разделу

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы: проведенные эксперименты, с применением численных методов в программах инженерного моделирования показали удовлетворительные результаты, мы подобрали оптимальный режим наложения швов, позволяющий значительно снизить коробление детали, которое составило: 38,7 мм.

В результате проведенных экспериментов в программе ANSYS числительными методами мы получили данные о том, что конструктивный непровар не оказывает существенного влияния на деформированное состояние наиболее опасного сечения ПШС на возможные разрывы металла в местах максимальной деформации. Максимальные деформации возникают в зоне перехода от сварного шва к основному металлу.

Таким образом, при конструировании ПШС 50/150 можно допустить конструктивный непровар в корне сварного шва длиной не более 8 мм. Это позволит уменьшить величину тепловложений при сварке и снизить коробления изделия.

С моделировав сварку в программе Sysweld, мы получили следующие результаты:

Упрочнение – макс. 325,87. Максимальное упрочнение произошло в сварном шве, рисунок 3.57, 3.58 и 3.59. Полученное упрочнение удовлетворяет необходимым требованиям.

Распределение напряжений по Мезису – максимальные в зоне перехода от сварного шва к основному металлу, полученные данные позволяют сделать вывод, что если произойдет разрыв, он пойдет по основному металлу.

Тепловое поле показало провар на глубину более 4 мм, что говорит о правильности выбранного режима/

										Лист
										83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.04.01.2018.002.00 ПЗ					

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе проведено исследование по совершенствованию технологии сварки шпунтовых панелей ПШС 50/150 на основании, которого можно сделать следующие выводы:

Определена оптимальная последовательность наложения сварных швов, обеспечивающая минимальную деформацию шпунтовой панели, которая не превышает 39 мм.

2. Предложен режим сварки углового соединения ПШС 50/150, обеспечивающий требуемую глубину проплавления и твердость металла сварного

с
о 3. Рекомендуемая величина конструктивного непровара (не более 8 мм) не оказывает существенного влияния на деформированное состояние наиболее опасного сечения ПШС 50/150 и на возможные разрывы металла в местах максимальной деформации. Максимальные деформации и место возможного разрушения возникают в зоне перехода от шва к основному металлу.

е Предложенная последовательность и режимы сварки ПШС 50/150 и геометрия поперечного сечения сварного шва обеспечивают приемлемое коробление и прочность изделия.

я

$I_{св}=270\text{ А}$, $U_{д}=27\text{ В}$, $V_{св}=0,5\text{ см/с}$.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
2. ТУ 5264-007-01393674-2010. Панели шпунтовые сварные
3. Гривняк И. Свариваемость сталей: Пер. со словац. Л.С. Гончаренко; Под ред. Э.Л. Макарова. – М.: Машиностроение, 1984. – 216 с.
4. Шоршоров М.Х., Чернышова Т.А., Красовский А.И. Испытания металлов на свариваемость. - М.: Металлургия, 1972. - 240 с.
5. СТО-ГК «Трансстрой»-012-2007. Стальные конструкции мостов. Заводское изготовление.
6. Егий В.П. Конструктивно-технологические решения сварных панелей шпунтовых стен для транспортного строительства.- М.2007 – 163 с.
7. Егий В.П., Петровский В.И. Новая конструкция стального шпунта – сварные панели ПШС. – М.: Транспортное строительство №2, 2006 – с. 24-25.
8. Красов Н.В. Гидросооружения из стального шпунта можно строить эффективнее. Транспортное строительство, 1981, №9, с.18-19.
9. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под ред. акад. Б.Е. Патона. М.: Машиностроение, 1974 – 768 с.
10. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
11. Зайцев Н.Л. Теоретические основы сварки плавлением: учебное пособие/Н.Л. Зайцев.- Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014.-78 с.
12. Будко А.Н. Новый тип шпунта. Информационное сообщение института ВПТИтрансстрой, ИК№ 49, 1987.
13. Зеленский В.С., Пойзнер М.Б., Небера В.А. и др. Несущая способность свай из шпунта зетового профиля. «Транспортное строительство», 1987, № 10, с.24-25.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

14. Корчагин Е.А., Лосев Л.М. Формы стенок из зетового сварного шпунта ШЗП. «Транспортное строительство». 1987, № 3, с.22.
15. Кручинкин А.В., Чирков В.И. Сварной шпунт глубоководных морских причальных сооружений., «Транспортное строительство», 1986, №6, с.22-23.
16. Ложкин Б.Г. Прогрессивные виды стальных профилей несущих конструкций. М, ЦИНИС Госстроя СССР, 1971.
17. Лосев Л.Н., Егий В.П., Парышев Н.В. Сварные шпунтовые панели ПШСК - новая конструкция стального шпунта. - Вестник мостостроения, 1996, №3-4, с.38-40.
18. Лосев Л.Н., Школьников И.Е., Парышев Н.В., Егий В.П. Новый стальной шпунт сварной конструкции. Труды международной конференции «Подземный город: геотехнология и архитектура», С. Петербург, 1998, с.373- 379.
19. Максимов А.Н. Шпунты повышенной несущей способности. - «Транспортное строительство», 1984, № 1, с.21-22.
20. Мельниченко К.Н. Шпунтовые сваи - Рационализация профилей проката. М., Профиздат,1956.
21. Пойзнер М.Б., Лифар А.А., Бронецкий В.В., Чеботарёв О.Н. Сварная шпунтовая свая. - «Транспортное строительство», 1989, № 10, с.20-21.
22. Сергеев И.Д., Богатырев А.И. Проблемы оптимального проектирования конструкций. Л., Стройиздат, 1971.
23. Шпунтовые стенки фирмы Arbed. «Engineering News Record», т.217, №14, с.29.

					15.04.01.2018.002.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86