

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

Институт машиностроения

(институт, факультет)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(кафедра)

15.04.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

«Технология и оборудование для пайки»

(наименование профиля магистерской программы)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Исследование уровня дефектности сварных соединений стальных
трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения

Студентка

Т.Н. Мячина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

А.И. Смирнова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель магистерской
программы

д.т.н., профессор

Б.Н. Переверзнецв

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

д.т.н., профессор

В.В. Ельцов

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 2017г.

Тольятти 2017

АННОТАЦИЯ

Цель работы – повышение качества сварных соединений стальных газопроводов, за счёт проведения системного анализа условий и причин образования отдельных видов дефектов, и выработки, на его основе, комплексных рекомендаций по снижению уровня дефектности сварных соединений систем газоснабжения и газораспределения.

В магистерской диссертации предложен комплекс рекомендаций по снижению уровня дефектности сварных соединений стальных трубопроводов на основе проведенного анализа условий и причин образования отдельных видов дефектов, для повышения эксплуатационных характеристик и снижения аварийности систем газоснабжения и газораспределения.

Проведены исследования причин и условий образования некоторых наиболее часто встречающихся видов дефектов сварных соединений выполненных сваркой плавлением на различных стальных трубопроводах и находящихся в различных условиях эксплуатации. Полученные данные позволяют выработать и рекомендовать комплекс мер по снижению дефектности сварных соединений в системах газоснабжения и газораспределения. Подобные работы ранее проводились только для магистральных трубопроводов.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованного источников. Объем основной части работы состоит из 125 страниц машинописного текста.

Диссертация содержит 57 рисунков и 32 таблицы. Список использованных источников включает 30 наименований.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ И КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ.....	6
1.1 Технологический процесс получения сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения.....	6
1.1.1 Описание материалов труб, применяемых при строительстве стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения.....	6
1.1.2 Сварочные материалы, применяемые для получения сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения.....	14
1.1.3 Типовой технологический процесс сборки-сварки стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения	20
1.2 Методы и объемы контроля качества, применяемые при строительстве сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения.....	22
1.3 Анализ проводимых ранее исследований уровня и причин дефектности сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения.....	41
1.4 Задачи исследования.....	49
2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	50
2.1 Объёмы выборки при проведении исследований.....	50
2.2 Методы исследований.....	50
2.3 Перечень исследуемых параметров.....	51
2.4 Методы обработки данных.....	56
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УРОВНЯ ДЕФЕКТНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ИХ АНАЛИЗ.....	60

3.1 Сводные результаты исследования уровня дефектности сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения.....	60
3.2 Анализ частоты образования отдельных видов дефектов в сварных соединениях стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения.....	72
3.3 Анализ уровня дефектности сварных соединений в зависимости от применяемого способа сварки.....	73
3.4 Анализ уровня дефектности сварных соединений в зависимости от диаметра свариваемого трубопровода (по способам сварки).....	78
3.5 Анализ уровня дефектности сварных соединений в зависимости от толщины свариваемого трубопровода (по способам сварки).....	84
3.6 Анализ уровня дефектности сварных соединений в зависимости от условий прокладки трубопровода (по способам сварки).....	91
3.7 Анализ уровня дефектности сварных соединений в зависимости от возраста электрогазосварщика (по способам сварки).....	97
3.8 Анализ уровня дефектности сварных соединений в зависимости от стажа работы электрогазосварщика (по способам сварки).....	107
4 ФОРМИРОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ И МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЯ ДЕФЕКТНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ	118
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	120
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	122

ВВЕДЕНИЕ

Стальные трубопроводы занимают значительное место в хозяйстве, они используются для перекачки различных природных ресурсов, в том числе и природного газа. Потребность в газопроводах и газораспределительных сетях постоянно растет в связи с необходимостью транспортировки газа в пределах нашей страны и за ее рубеж. Для строительства газопроводов чаще всего используют прямошовные сварные трубы. Сварка металлов является прогрессивным технологическим процессом и его достоинства неопровержимы, однако он не свободен от недостатков; прочность сварных труб и надежность их при эксплуатации во многом зависят от качества сварных соединений выполненных сваркой плавлением.

Важной задачей при эксплуатации газопроводов является обеспечение его надежной работы путем сокращения риска возникновения аварийных ситуаций, которые очень часто возникают из-за дефектных сварных соединений.

Из литературы и практики известно, что на дефектность сварных соединений влияет очень много факторов. Поэтому чтобы уменьшать количество брака сварных соединений, и как следствие уменьшить аварийность необходимо провести комплексный анализ причин и условий образования наиболее часто встречающихся дефектов. И на основе полученных данных сформулировать рекомендации по мерам снижения уровня дефектности при выполнении сварных соединений стальных трубопроводов систем газораспределения.

Цель работы – повышение качества сварных соединений стальных газопроводов выполненных сваркой плавлением, за счёт проведения системного анализа условий и причин образования отдельных видов дефектов, и выработки, комплексных рекомендаций по снижению уровня дефектности сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения.

1 ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ И КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1 Технологический процесс получения сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения

Газораспределительная система — имущественный производственный комплекс, состоящий из технологически, организационно и экономически взаимосвязанных объектов, предназначенных для транспортировки и подачи газа непосредственно его потребителям.

СНиП 42-01-2002 [1] распространяется на новые и реконструируемые газораспределительные системы, предназначенные для обеспечения природным и сжиженным углеводородными газами потребителей, использующих газ в качестве топлива, а также внутренние газопроводы, и устанавливают требования к их безопасности и эксплуатационным характеристикам.

1.1.1 Описание материалов труб, применяемых при строительстве стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения

Для прокладки подземных, наземных, надземных и внутренних газопроводов применяют стальные трубы.

Сталь - сплавы железа с углеродом и некоторыми другими химическими элементами. Содержание углерода в сталях может достигать до 2,14%, но в сталях, применяемых в машиностроении и строительстве, содержание углерода не более 1,3%.

Стальные трубы и соединительные детали должны содержать не более 0,25 % углерода, 0,056 % серы и 0,046% фосфора. Сталь используют углеродистую обыкновенного качества марки Ст2пс, Ст2сп, Ст3пс, Ст3сп и

углеродистую качественную сталь марки ст10, ст20. Буква «Ст» обозначает «Сталь», цифры - условный номер марки в зависимости от химического состава, буквы «пс», «сп» - степень раскисления, т.е. «пс» - полуспокойная, «сп» - спокойная. В настоящее время при строительстве газопроводов применяются трубы диаметром условного прохода от 15 мм до 40 мм по ГОСТ 3262-75 [2] и диаметром от 57мм до 620 мм по ГОСТ 10704-91 [3].

По рабочему давлению транспортируемого газа газопроводы подразделяются в соответствии с таблицей 1[1].

Таблица 1 – Классификация газопроводов по давлению

Классификация газопроводов по давлению		Вид транспортируемого газа	Рабочее давление в газопроводе, МПа
Высокого	I категории	Природный	Свыше 0,6 до 1,2 включительно
		СУГ	Свыше 0,6 до 1,6 включительно
	II категории	Природный и СУГ	Свыше 0,3 до 0,6 включительно
Среднего		То же	Свыше 0,005 до 0,3 включительно
Низкого		»	До 0,005 включительно

Стали отличаются по химическому составу:

полуспокойные «пс» – содержание кремния 0,05 - 0,10% , содержание кислорода 0,01%;

спокойные «сп» - содержание кремния 0,14 - 0,3%, содержание кислорода 0,002%;

кипящая сталь «кп» - содержание кремния менее 0,05%, содержание кислорода 0,02% .

В системах газораспределения применяется полуспокойная сталь и спокойная сталь.

Спокойная сталь – это сталь, у которой практически не происходит выделения газов при затвердевании слитка после его разливки. Это обеспечивается полным раскислением стали — полным удалением из нее кислорода и образованием усадочной раковины в верхней части слитка. Для

получения спокойной стали ее раскисляют алюминием, а также марганцевыми или кремнистыми ферросплавами. Кроме того, иногда применяют силицид кальция и другие специальные раскислители.

Полуспокойной сталь – это сталь, у которой выделение газов при ее раскислении подавляется не полностью, так как сталь раскисляется только частично. Степень выделения газов в этих сталях больше, чем в спокойных сталях, но меньше чем в кипящих. До начала выделения газов в слитке образуется корка слитка значительной толщины. У правильно «полураскисленного» стального слитка отсутствует усадочная раковина, но есть широко рассеянные по толщине пузыри в центральной зоне верхней части слитка. Эти пузыри, завариваются при прокатке слитка. Полуспокойные стали имеют содержание углерода от 0,15 до 0,30 %. Они находят широкое применение при производстве штрипса, труб и сортового проката.

Качество сталей определяется содержанием в них вредных примесей: серы и фосфора. Конструкционные стали изготавливают обыкновенного качества и качественными; инструментальные стали - качественными и высококачественными.

Стали обыкновенного качества в процессе выплавки меньше очищаются от вредных примесей и содержат больше серы и фосфора, большое количество неметаллических включений, значительно развита ликвация. Содержание серы до 0,05%, фосфора до 0,04%.

Маркируются: Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс, Ст6пс, Ст6сп.

Все эти стали по структуре доэвтектоидные – содержание углерода 0,06-0,49%.

Рассмотрим пример сталь Ст3Гпс3.

Первая цифра «3» показывает только порядковый номер марки стали по ГОСТ 380-2005 [4], а не содержание углерода. Но с увеличением номера содержание углерода увеличивается. Чем больше содержится в стали углерода, тем выше

прочность и ниже пластичность. Буква «Г» - марганец при его массовой доле в стали 0,80 % и более. Вторая цифра «3» (может изменяться от 1 до 5) гарантирует определенные механические свойства и химический состав стали.

Химический состав и механические свойства стали должны соответствовать нормам, указанным в таблице 2 [4].

Таблица 2 – Химический состав и механические свойства сталей обыкновенного качества

В процентах

Марка стали	Массовая доля химических элементов			Механические свойства		
	углерода	марганца	кремния	У _в , кгс/мм ²	У _т , кгс/мм ² (не менее)	
Ст0	Не более 0,23	-	-	32	-	
Ст1кп	0,06-0,12	0,25-0,50	Не более 0,05	32-40	-	
Ст1пс			0,05-0,15			
Ст1сп			0,15-0,30			
Ст2кп	0,09-0,15		Не более 0,05	32-42		22
Ст2пс			0,05-0,15			
Ст2сп			0,15-0,30			
Ст3кп	0,14-0,22	0,30-0,60	Не более 0,05	38-47	24	
Ст3пс		0,40-0,65	0,05-0,15			
Ст3сп			0,15-0,30			
Ст3Гпс		0,80-1,10	Не более 0,15			
Ст3Гсп	0,14-0,20		0,15-0,30			
Ст4кп	0,18-0,27	0,40-0,70	Не более 0,05	42-52		26
Ст4пс			0,05-0,15			
Ст4сп			0,15-0,30			
Ст5пс	0,28-0,37	0,50-0,80	0,05-0,15	50-62	28	
Ст5сп			0,15-0,30			
Ст5Гпс	0,22-0,30	0,80-1,20	Не более 0,15	60-72		
Ст6пс	0,38-0,49	0,50-0,80	0,05-0,15			
Ст6сп			0,15-0,30			

В зависимости от химического состава сталь подразделяется на две группы:

I — с нормальным содержанием марганца: 05кш; 08кп; 08; 10ш; 10; 15кп; 15; 20кп; 20; 25; 30; 36; 40; 46; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85.

II — с повышенным содержанием марганца 15Г; 20Г; 25Г; 30Г; 35Г; 40Г;

46Г; 50Г; 60Г; 65Г; 70Г.

Двузначные цифры в марке стали обозначают среднее содержание углерода в сотых долях процента, буква «Г» — повышенное содержание марганца. Марки кипящей стали имеют в конце индекс «кп», также к обозначению марки в полуспокойной стали может добавиться в конце индекс «пс», например, марки 08пс.

Химический состав и механические свойства углеродистой качественной стали, указаны в таблице 3 [5].

Таблица 3 - химический состав и механические свойства углеродистой качественной стали

Марка стали	Механ. св-ва, уг, кгс/мм ²	Массовая доля угв, кгс/мм ²	д, %	Ш, %	С, %	Si, %	Mn, %	Cr, %
08	20	33	33	60	0,05-0,12	0,03	0,25-0,65	0,10
10	21	34	31	55	0,07-0,14	0,05-0,37	0,25-0,65	0,15
15	23	38	27	55	0,12-0,19	0,05-0,37	0,25-0,65	0,25
20	25	42	26	55	0,17-0,24	0,05-0,37	0,25-0,65	0,25
25	28	46	23	50	0,22-0,30	0,05-0,37	0,50-0,80	0,25
30	30	50	21	50	0,27-0,35	0,05-0,37	0,50-0,80	0,25
35	32	54	20	45	0,32-0,40	0,05-0,37	0,50-0,80	0,25
40	34	58	19	45	0,37- 0,45	0,05-0,37	0,50-0,80	0,25
45	36	61	16	40	0,42- 0,50	0,05-0,37	0,50-0,80	0,25
50	38	64	14	40	0,47-0,55	0,05-0,37	0,50-0,80	0,25
55	39	66	13	35	0,52-0,60	0,05-0,37	0,50-0,80	0,25
58	42	61	12	28	0,55-0,63	0,05-0,30	0,20	0,20
60	41	69	12	35	0,57-0,65	0,05-0,37	0,50-0,80	0,25

Свое применение углеродистые качественные конструкционные стали нашли в области: 05кп, 08, 08кп - деталей изготавливаемых холодной штамповкой и глубокой вытяжкой (топливные баки, змеевики, кузова, крылья автомобилей, элементы сварных конструкций); 10, 15 - используют для деталей, не испытывающих высоких нагрузок: рычаги, кулачковые валики, оси, втулки, болты, гайки, заклепки, муфты; 20, 25 - крепежный материал, соединительные муфты, шпиндели, толкатели клапанов, рамы и другие детали автотракторного сельскохозяйственного машиностроения; 30, 35 - шпиндели, шестерни, рычаги,

звездочки, кольца, слабонагруженные оси, валы различных машин и механизмов, шатуны; 40, 45, 50 - валы, шестерни, втулки, коленчатые валы, плунжеры, фрикционные диски, средненагруженные оси; 55, 60 - прокатные валки, железнодорожные рельсы, пружины, рессоры, шпиндели, замковые шайбы, крановые колеса.

Стальные газопроводы должны быть защищены от коррозии. Подземные и наземные стальные газопроводы, резервуары СУГ, стальные футляры на газопроводах следует защищать от почвенной коррозии и коррозии блуждающими токами в соответствии с требованиями ГОСТ 9.602 [6]. Под автомобильными дорогами, железнодорожными и трамвайными путями при бестраншейной прокладке стальные футляры газопроводов должны быть защищены средствами электрохимической защиты, при прокладке открытым способом — изоляционными покрытиями и средствами электрохимической защиты. Внутренние и надземные стальные газопроводы следует защищать от атмосферной коррозии в соответствии с требованиями СНиП 2.03.11 [7].

Для подземных и наземных стальных газопроводов толщина стенки трубы должна быть не менее 3 мм, для надземных и внутренних газопроводов не менее 2 мм. Толщину стенок труб для подводных переходов следует принимать на 2 мм больше расчетной, но не менее 5 мм, на переходах через железные дороги общей сети - на 3 мм больше расчетной, но не менее 5 мм.

Для стальных подземных газопроводов должны применяться стыковые и угловые соединения, неразъемные соединения. Разъемные соединения разрешается предусматривать в местах присоединения газового и газоиспользующего оборудования, а также на газопроводах обвязки и газоиспользующего оборудования. Соединение элементов газопроводов должно выполнено ручной дуговой и газовой сваркой.

Размещение сварных соединений в стенах, перекрытиях и в других конструкциях зданий и сооружений не допускается.

Выбор способа прокладки и материала труб для газопровода на выходе из газораспределительных систем следует предусматривать с учетом

пучинистости грунта и других гидрогеологических условий, а также с учетом температуры газа, подаваемого из газораспределительных систем.

Газопровод прокладывается с уклоном не менее 0,002% для отвода влаги, выделяющегося из газа. В пониженных частях газопроводов устанавливают конденсационные горшки, в которых скапливается выделяющаяся влага.

При прокладке подземных газопроводов давлением до 0,6 МПа, а также газопроводов давлением свыше 0,6 МПа следует применять электросварные стальные трубы, проложенные в защитном футляре, при 100 % контроле физическими методами заводских сварных соединений. При прокладке газопроводов на расстояниях не менее 50 м от железных дорог общего пользования на участке сближения и по 5 м в каждую сторону глубина заложения должна быть не менее 2,0 м. Стыковые сварные соединения должны пройти 100 % контроль физическими методами.

По стенам зданий внутри жилых дворов и кварталов, а также на отдельных участках трассы, в том числе на участках переходов через искусственные и естественные преграды при пересечении подземных коммуникаций допускается надземная прокладка газопроводов.

В тоннелях, коллекторах и каналах прокладка газопроводов не допускается. Исключение составляет прокладка стальных газопроводов давлением до 0,6 МПа на территории промышленных предприятий, а также в каналах в многолетнемерзлых грунтах под автомобильными и железными дорогами.

Стальные газопроводы в местах входа и выхода из земли, а также вводы газопроводов в здания следует заключать в футляр. Пространство между стеной и футляром следует заделывать на всю толщину пересекаемой конструкции, и концы футляра следует уплотнять эластичным материалом.

Прокладку подземных стальных газопроводов следует осуществлять на глубине не менее 0,8 м до верха газопровода или футляра, а в местах, где не предусматривается движение транспорта и сельскохозяйственных машин, глубина прокладки стальных газопроводов может быть не менее 0,6 м.

В футляре следует прокладывать в местах пересечения газопроводов с подземными коммуникационными коллекторами и каналами различного назначения, также в местах прохода газопроводов через стенки газовых колодцев газопровод. Концы футляра должны выводиться на расстояние не менее 2 м в обе стороны от наружных стенок пересекаемых сооружений и коммуникаций, при пересечении стенок газовых колодцев — на расстояние не менее 2 см, концы футляра должны быть заделаны гидроизоляционным материалом.

Надземные газопроводы высокого давления прокладывать по глухим стенам и участкам стен или не менее чем на 0,5 м над оконными и дверными проемами верхних этажей производственных зданий и заблокированных с ними административных и бытовых зданий, при этом расстояние от газопровода до кровли здания должно быть не менее 0,2 м.

Стальные газопроводы низкого и среднего давления могут прокладываться также вдоль переплетов или импостов неоткрывающихся окон и пересекать оконные проемы производственных зданий и котельных, заполненные стеклоблоками.

Разрешается прокладка газопроводов давлением до 0,6 МПа электросварных труб, прошедших 100 % контроль заводских сварных соединений физическими методами по пешеходным и автомобильным мостам, построенным из негорючих материалов. Прокладка газопроводов по пешеходным и автомобильным мостам, построенным из горючих материалов, не допускается.

Осуществляют диагностирование, с целью определения технического состояния газопровода и установления ресурса его дальнейшей эксплуатации, на основании проведенной экспертизы. Диагностирование должно проводиться по истечении 40 лет для стальных наземных газопроводов после ввода их в эксплуатацию. В случаях аварий, вызванных коррозионными разрушениями стальных газопроводов, потерей прочности (разрывом) сварных стыков, а также в случае строительства стальных газопроводов свыше нормативного срока в

грунтах высокой коррозионной агрессивности без электрохимической защиты назначается досрочное диагностирование газопроводов.

1.1.2 Сварочные материалы, применяемые для получения сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения

Ручная дуговая сварка до сих пор остается одной из основных технологий, широко применяемых в системах газоснабжения и газораспределения [8].

На качество выполнения работ таким способом огромное влияние оказывает не только тип применяемого оборудования и правильный выбор режима, но и используемые расходные материалы для дуговой сварки, выбор которых на сегодняшний день достаточно велик [9].

Электрод — мерный отрезок сварочной проволоки, покрытый специальной обмазкой на силикатной основе. Металл проволоки совместно с расплавленным материалом соединяемых заготовок формирует сварочный шов. Обмазка упрощает розжиг дуги, кроме того, она обеспечивает и защиту от воздействия посторонних факторов на сварочный процесс. Подбирать электроды следует так, чтобы состав проволоки максимально соответствовал химическому составу свариваемой стали [10].

Огромного внимания заслуживают качественные электроды LB – 52U, применение которых стало широко распространено в кругу профессиональных сварщиков рисунок 1.



Рисунок 1 - Электроды марки LB – 52U

Производит электроды марки LB – 52U японская компания, которая носит имя Kobelco. Современные электроды LB – 52U эксплуатируются во время производства соединений и швов углеродистых сталей, а также сталей с невысоким показателем легирующих присадок. Электроды популярной японской марки LB – 52U по своему устройству аналогичны отечественным катодам марки УОНИ, поскольку так же имеют основное покрытие, соединения фтора, при этом основное покрытие состоит из углекислых соединений магния и кальция. При существенных температурных режимах электрической дуги карбонаты распадаются на окислы магния и кальция.

Технические характеристики электродов марки LB – 52U:

- род применяемого тока – постоянный, переменный;
- диаметр – 2,6 мм, 3,2 мм, 4,0 мм миллиметра;
- масса пачки катодов – 5 килограмма;
- показатель напряжения холостого хода – В;
- предел текучести – 530 МПа;
- предел прочности – 588 МПа;
- классификация сварочного атрибута — E7016-1/AWS A5.1.

Преимущества электродов марки LB – 52U:

- экономичны;
- высокая эластичность;
- высокая плотность соединения;

- пониженная степень содержания водорода в металле;
- незначительное разбрызгивание металла во время производства соединений и швов;
- значительная глубина проплавления обрабатываемого металла;
- шлаковая корка достаточно легко отделяется;
- стабильность горения электрической дуги,
- стойкость к абразивным трещинам;
- высокая пластичность сварочного соединения, шва;
- отличная ударная вязкость, с помощью которой становится возможна эксплуатация получаемых изделий при незначительных температурах.

По окончании сварочного процесса катодом марки LB – 52U в шве остается не более 0,06 % углерода, 00,51% кремния, 1,00% марганца, а также 0,005% серы.

Перед применением электроды LB – 52U подвергаются термической обработке, либо прокаливанию в условиях воздействия высоких температур (пределы температур – 300-350 градусов Цельсия). Обработку производят на протяжении 30-60 минут. Этот шаг необходимо выполнять для того, чтобы удалить влагу из покрытия катода, поскольку наличие превышающего норму уровня влаги в данном сварочном электроде существенно снижает качественную сторону получаемого шва.

Газосварка представляет собой процесс, при котором кромки соединяемых элементов нагреваются сгоранием горючих газов в смеси с кислородом. Сварочные материалы для газовой сварки включают: горючий газ (ацетилен, пропан), технически чистый кислород (рисунок 2), сварочную проволоку марки СВ08А диаметр 3 мм.



Рисунок 2 – Газовые баллоны

Газовая сварка с применением ацетилена допускается для газопроводов давлением до 0,3 МПа диаметром не более 150 мм с толщиной стенок до 5 мм - со скосом кромок, с толщиной стенок до 3 мм - без скоса кромок, в остальных случаях применяется ручная дуговая сварки [1]. Швы не должны иметь незаваренных кратеров, прожогов, трещин, а также в соответствии с требованиями нормативных документов включений, пор, несоосности труб, смещений кромок, непровара и других дефектов, снижающих механические свойства сварных соединений.

Газовая сварка обладает следующими преимуществами: способ сварки сравнительно прост, не требует сложного и дорогого оборудования, а также источника электроэнергии. Изменяя тепловую мощность пламени и его положение относительно места сварки, сварщик может в широких пределах регулировать скорость нагрева и охлаждения свариваемого металла.

К недостаткам газовой сварки относятся меньшая скорость нагрева металла и большая зона теплового воздействия на металл, чем при дуговой сварке. При газовой сварке концентрация тепла меньше, а коробление свариваемых деталей больше, чем при дуговой сварке. Однако при правильно

выбранной мощности пламени, умелом регулировании его состава, надлежащей марке присадочного металла и соответствующей квалификации сварщика газовая сварка обеспечивает получение высококачественных сварных соединений.

Для получения сварочного пламени с высокой температурой, необходимо для быстрого расплавления металла в месте сварки, горючий газ или пары горючей жидкости сжигают в смеси с чистым кислородом.

Кислород при атмосферном давлении и обычной температуре представляет собой газ без цвета и запаха, несколько тяжелее воздуха. При атмосферном давлении и температуре 20 °С масса 1м³ кислорода равен 1,33 кг. Сгорание горючих газов и паров горючих жидкостей в чистом виде кислороде происходит очень энергично с большой скоростью, а возникновение в зоне горения возникает высокая температура

При возникновении сжатого газообразного кислорода с маслом или жирами последние могут самовоспламенятся, что может быть причиной пожара. Поэтому при обращении с кислородными баллонами и аппаратурой необходима тщательно следить за тем, чтобы на них не падали даже незначительные следы масла и жиров. Смесь кислорода с горючих жидкостей при определенных соотношениях кислорода и горючего вещества взрывается.

Технический кислород добывают из атмосферного воздуха, который подвергают обработке в воздухоразделительных установках, где он очищается от углекислоты и осушается от влаги.

Жидкий кислород хранят и перевозят в специальных сосудах с хорошей теплоизоляцией.

Для сварки выпускают технический кислород трех сортов:

- высшего, чистотой не ниже 99.5%;
- 1-ого сорта чистотой 99.2%;
- 2-ого сорта чистотой 98.5% по объему.

В качестве горючего газа для газовой сварки получил распространение ацетилен соединение кислорода с водородом. Ацетилен бесцветный газ. В нем

присутствуют примеси сероводорода и аммиак. Ацетилен есть взрывоопасный газ. Чистый ацетилен способен взрываться при избыточном давлении свыше 1.5 кгс/см^2 , при быстром нагревании до $450\text{-}500 \text{ }^\circ\text{C}$. Смесь ацетилена с воздухом взрываться при атмосферном давлении, если в смеси содержится от 2.2% до 93% ацетилена по объему. Ацетилен для промышленных целей получают разложением жидких горючих действием электродугового разряда, а так же разложением карбида кальция водой.

Технический пропан является побочным продуктом при добыче и переработке нефти и естественных нефтяных газов. Применяют при сваривании деталей толщиной до 6 мм, в отдельных случаях — до 12 мм.

В большинстве случаев при газовой сварке применяют присадочную проволоку близкую по своему химическому составу к свариваемому металлу.

Нельзя применять для сварки случайную проволоку неизвестной марки. Поверхность проволоки должна быть гладкой и чистой без следов окалины, ржавчины, масла, краски и прочих загрязнений. Температура плавления проволоки должна быть равна или несколько ниже t_0 плавления металла. Проволока должна плавиться спокойно и равномерно, без сильного разбрызгивания и вскипания, образуя при застывании плотный однородный металл без посторонних включений и прочих дефектов.

Благодаря сравнительно медленному нагреву металла пламенем и относительно невысокой концентрации тепла при нагреве производительность процесса газовой сварки существенно снижается с увеличением толщины свариваемого металла. Например, при толщине стали 1мм, скорость газовой сварки составляет около 10м/ч, а при толщине 10мм – только 2м/ч. Поэтому газовая сварка стали толщиной свыше 6мм менее производительна по сравнению с дуговой сваркой и применяется значительно реже.

Стоимость горючего газа (ацетилена) и кислорода при газовой сварке выше стоимости электроэнергии при дуговой и контактной сварке. Вследствие этого газовая сварка обходится дороже, чем электрическая.



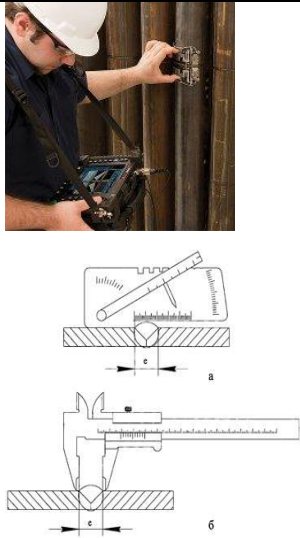
1.1.3 Типовой технологический процесс сборки-сварки стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения

В работе предложен технологический процесс стыкового соединения стального газопровода диаметром 57мм, толщиной 3,5 мм. с разделкой кромки, способ сварки - ручная дуговая покрытыми электродами, положение при сварке -Г таблица 4.

Таблица 4 - Технологический процесс сварки стыковых соединений

Операция	Эскиз	Оборудование, приспособления и мерительный инструмент	Режимы обработки, материалы	Технологические требования
1. Входной контроль	сертификаты	Штангенциркуль, УШСЗ, лупа.	-	время контроля
2. Подготовка кромки		Резец (труборез ВСМ-35а); фреза; труборезный станок; угловая шлифмашинка GWS 15-125; круг шлифовальный 125x6x22,2;	подготавливать механической обработкой фрезой или резцом; концы труб и фаски обрабатывать кислородной или плазменно-дуговой резкой	при температуре воздуха ниже минус 5 °С правка концов труб без их подогрева не допускается
ё3. Зачистка		Угловая шлифмашинка GWS 15-125; круг шлифовальный 125x6x22,2; щетка.	очистить до чистого металла кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхность труб на ширину не менее 10 мм; очистить внутреннюю полость труб от возможных засорений;	время контроля

Продолжение таблицы 4

			<p>подготовленные к сборке кромки должны быть без вырывов, заусенцев, резких переходов и острых углов; концы труб, имеющие трещины, надрывы, забоины, задиры фасок глубиной более 5 мм, следует обрезать.</p>	
4. Сборка и прихватки		<p>Центратор ЦЗН-51, УШСЗ; Электроды LB-52U d=2,6мм</p>	<p>Сборку стыка выполнять в центровочном приспособлении; количество прихваток 2 шт, длиной 20-30 мм, высотой 1/3 толщины стенки трубы</p>	<p>Прихватки должны быть равномерно распределены по периметру стыка; прихватки на месте пересечения швов не ставить</p>
5. Сварка		<p>Сварочный аппарат Minarc 10; электроды LB-52U</p>	<p>d=2,6мм, I_{св}=60-80А</p>	<p>Отклонение тока, L_д>2d₃</p>
6. Контроль качества сварных соединений		<p>Штангенциркуль, УШСЗ, лупа; дефектоскоп</p>	-	<p>Качество подготовки концов труб под сварку, качество сборки стыка под сварку, отклонение геометрических размеров.</p>

1.2 Методы и объёмы контроля качества, применяемые при строительстве сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения

Неразрушающие методы контроля (НМК) – это обобщающее название методов контроля материалов (изделий), используемых для обнаружения нарушения сплошности или однородности макроструктуры, отклонений химического состава и других целей, не требующих разрушения образцов материала и/или изделия в целом [11].

Основные требования, предъявляемые к неразрушающим методам контроля, или дефектоскопии [14]:

- возможность осуществления контроля на всех стадиях изготовления, при эксплуатации и при ремонте изделий;
- возможность контроля качества продукции по большинству заданных параметров;
- согласованность времени, затрачиваемого на контроль, со временем работы другого технологического оборудования;
- высокая достоверность результатов контроля;
- возможность механизации и автоматизации контроля технологических процессов, а также управления ими с использованием сигналов, выдаваемых средствами контроля;
- высокая надёжность дефектоскопической аппаратуры и возможность использования её в различных условиях;
- простота методик контроля, техническая доступность средств контроля в условиях производства, ремонта и эксплуатации.

Основными областями применения НМК являются дефектоскопия особенно ответственных деталей и устройств длительной эксплуатации, контроль подземных выработок, проведение исследований структуры материалов и дефектов в изделиях с целью усовершенствования технологии.

В системе неразрушающего контроля на объектах систем газораспределения и газопотребления для диагностирования состояния производственных объектов применяется два основных вида неразрушающего контроля: визуально – измерительный контроль (ВИК) и радиографический контроль (РК) [1].

Визуально – измерительный контроль разделяется на измерительный контроль (измерение размеров) и визуальный (внешний осмотр). Однако на практике эти два вида контроля объединены в один метод, так как оба вида связаны с осмотром элемента и последующем его измерением [1].

Измерительный контроль - выполняется с целью выявления соответствия фактических размеров сварного соединения, предъявляемых к ним требований.

Визуальный контроль - производится с целью выявления поверхностных дефектов в сварных соединениях.

Визуально-измерительный контроль проводится в соответствии РД 03-606-03 [12].

Визуальный и измерительный контроль выполняют на стационарных участках, которые должны, оборудованы рабочими столами, стендами, роликоопорами и другими средствами, обеспечивающими удобство выполнения работ.

При монтаже, строительстве, ремонте, реконструкции, а также в процессе эксплуатации технических устройств и сооружений визуальный и измерительный контроль выполняется на месте производства работ. [13] В этом случае должно быть обеспечено удобство подхода специалистов, выполняющих контроль, к месту производства контрольных работ, созданы условия для безопасного производства работ, в том числе в необходимых случаях должны быть установлены леса, ограждения, подмости, люльки, передвижные вышки или другие вспомогательные устройства, обеспечивающие оптимальный доступ специалиста к контролируемой поверхности, а также обеспечена возможность подключения ламп местного освещения напряжением 12 Вольт.

Рекомендуется располагать участки контроля, особенно стационарные, в наиболее освещенных местах цеха, имеющих естественное освещение. Для

создания оптимального контраста дефекта с фоном в зоне контроля необходимо применять дополнительный переносной источник света, то есть использовать комбинированное освещение. Освещенность контролируемых поверхностей должна быть достаточной для надежного выявления дефектов, но не менее 500 Люкс.

Окраску потолков, поверхностей стен, рабочих столов и стенов на участках визуального и измерительного контроля рекомендуется выполнять в светлых тонах (белый, голубой, желтый, светло-зеленый, светло-серый) для увеличения контрастности контролируемых поверхностей деталей, повышения контрастной чувствительности глаза, снижения общего утомления специалиста, выполняющего контроль.

Для выполнения контроля должен быть обеспечен достаточный обзор для глаз специалиста. Подлежащая контролю поверхность должна рассматриваться под углом более 30° к плоскости объекта контроля и с расстояния до 600 мм, в соответствии с рисунком 3[12].

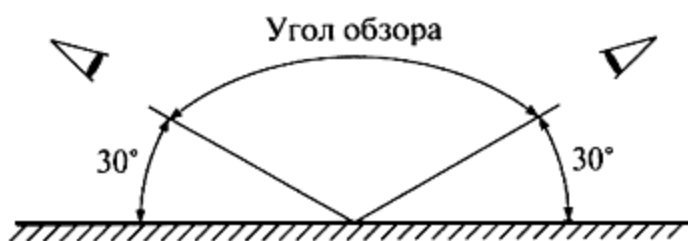


Рисунок 3- Условия визуального контроля

Визуальный и измерительный контроль проводят невооруженным глазом и (или) с применением визуально-оптических приборов до 20-ти кратного увеличения (луп, микроскопов, эндоскопов, зеркал и др.). При контроле материала и сварных соединений (наплавки) при изготовлении (строительстве, монтаже, ремонте и реконструкции) технических устройств и сооружений используют лупы с 2-7-кратным увеличением, а при оценке состояния

технических устройств и сооружений в процессе их эксплуатации - лупы до 20-ти кратного увеличения.

Перед проведением визуального и измерительного контроля поверхность объекта в зоне контроля подлежит зачистке до чистого металла от ржавчины, окалины, грязи, краски, масла, влаги, шлака, брызг расплавленного металла, продуктов коррозии и других загрязнений, препятствующих проведению контроля (на контролируемых поверхностях допускается наличие цветов побежалости, в случаях, когда это оговорено в производственно-технической документации (ПТД). Зона зачистки должна определяться НД на вид работ или на изготовление изделия. При отсутствии требований в НД зона зачистки деталей и сварных швов должна составлять:

- при зачистке кромок деталей под все виды дуговой и газовой сварки - не менее 20 мм с наружной стороны и не менее 10 мм с внутренней стороны от кромок разделки детали;

- при зачистке кромок деталей угловых соединений труб зачистке подлежат: поверхность вокруг отверстия в основной трубе на расстоянии 15-20 мм, поверхность отверстия под ввариваемую деталь - на всю глубину и поверхность привариваемого (патрубка) штуцера - на расстоянии не менее 20 мм от кромки разделки;

- при зачистке стального подкладного остающегося кольца (пластины) или расплавляемой проволочной вставки - вся наружная поверхность подкладного кольца (пластины) и все поверхности расплавляемой вставки.

При входном визуальном контроле сварных труб с прямолинейным или спиральным швом, контролю подлежит не менее 10% длины каждого шва. Контроль рекомендуется выполнять на участках, равномерно распределенных по длине шва трубы. Задачей контроля является выявление поверхностных трещин, пор, шлаковых и металлических включений, прожогов, свищей, наплывов металла, усадочных раковин, подрезов, грубой чешуйчатости шва, брызг расплавленного металла, непроваров, оплавление металла в результате зажигания сварочной дуги и прочих дефектов.

Измерительный контроль сварных швов выполняется на участках, проконтролированных визуально. Измерение размеров сварного шва выполняется на каждом участке, проконтролированном визуально, но не менее чем в трех сечениях по длине шва. Измерение размеров поверхностных дефектов выполняется в местах, отмеченных при визуальном контроле.

Поверхности материалов и сварных соединений перед контролем очищаются от влаги, шлака, брызг металла, ржавчины и других загрязнений, препятствующих проведению контроля.

Измерения проводят после визуального контроля или одновременно с ним.

При сборке деталей под сварку визуально необходимо контролировать:

- правильность установки подкладных пластин (колец);
- правильность установки временных технологических креплений;
- правильность сборки и крепления деталей в сборочных приспособлениях;
- правильность расположения и количество прихваток, и их качество;
- правильность установки приспособлений для поддува защитного газа;
- чистоту кромок и прилегающих к ним поверхностей деталей.

При визуальном и измерительном контроле сварных соединений контролируемая зона должна включать в себя поверхность металла шва, а также примыкающие к нему участки материала в обе стороны от шва шириной:

не менее 5 мм - для стыковых соединений, выполненных дуговой сваркой, при номинальной толщине сваренных деталей до 5 мм включительно;

не менее номинальной толщины стенки детали - для стыковых соединений, выполненных дуговой сваркой, при номинальной толщине сваренных деталей свыше 5 до 20 мм;

не менее 20 мм - для стыковых соединений, выполненных дуговой сваркой, при номинальной толщине сваренных деталей свыше 20 мм, а также для стыковых и угловых соединений, выполненных газовой сваркой, независимо от номинальной толщины стенки сваренных деталей и при ремонте дефектных участков в сварных соединениях;

не менее 5 мм (независимо от номинальной толщины сваренных деталей) - для угловых, тавровых, торцовых и нахлесточных сварных соединений и соединений вварки труб в трубные доски, выполненных дуговой сваркой.

В выполненном сварном соединении (наплавке) визуально следует контролировать:

- отсутствие (наличие) поверхностных трещин всех видов и направлений;
- отсутствие (наличие) на поверхности сварных соединений и наплавки дефектов (пор, включений, скоплений пор и включений, отслоений, прожогов, свищей, наплывов, усадочных раковин, подрезов, непроваров, брызг расплавленного металла, западаний, между валиками, грубой чешуйчатости, прожогов металла, а также мест касания, сварочной дугой поверхности, основного материала);
- наличие зачистки поверхности сварного соединения изделия (сварного шва и прилегающих участков основного металла) под последующий контроль неразрушающими методами;
- наличие маркировки (клеймения) шва (наплавки) и правильность ее выполнения.

В выполненном сварном соединении измерениями необходимо контролировать:

- размеры поверхностных дефектов, выявленных при визуальном контроле;
- высоту и ширину шва, а также вогнутость и выпуклость обратной стороны шва в случае доступности обратной стороны шва для контроля;
- высоту углублений между валиками и чешуйчатости поверхности шва;
- подрезы основного металла;
- несплавления (непровары) с наружной и внутренней стороны шва.

Требования к выполнению измерительного контроля сварных швов приведены на рисунке 4 и в таблице 5 [12].

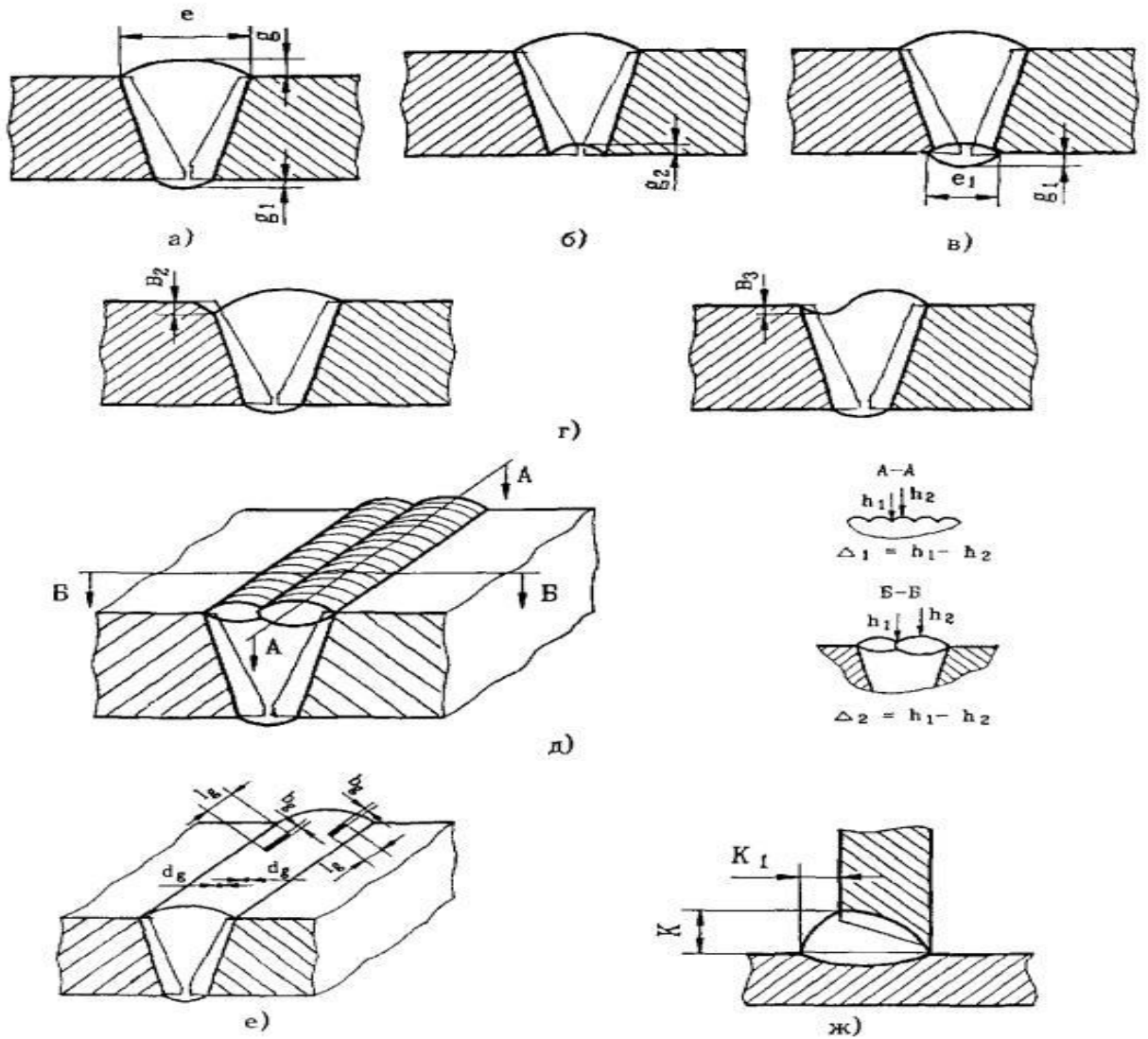
Таблица 5- Требования к измерениям сварных швов

Контролируемый параметр	Условное обозначение	Номер рисунка	Средства измерений. Требования к измерениям
1. Ширина шва	e, e 1	4а, в	Штангенциркуль ШЦ-1 или шаблон универсальный. Измерение - см. Примечание.
2. Высота шва	g , g 1	4а, в	То же
3. Выпуклость обратной стороны шва	g 1	4а, в	Штангенциркуль ШЦ-1 или шаблон универсальный. Измерение - см. Примечание.
4. Вогнутость обратной стороны шва	g 2	4б	Штангенциркуль ШЦ-1. Измерения в 2-3 местах в зоне максимальной величины
5. Глубина подреза (неполного заполнения разделки)	b2, b3	4 г	Штангенциркуль ШЦ-1. Измерение - см. Примечание.
6. Катет углового шва	К, К 1	4 ж	Штангенциркуль ШЦ-1. Измерение - см. Примечание.
7. Чешуйчатость шва	Δ1	4 д	Штангенциркуль ШЦ-1. Измерения не менее, чем в 4 точках по длине шва
8. Глубина западаний между валиками	Δ2	4 д	То же

Продолжение таблицы 5

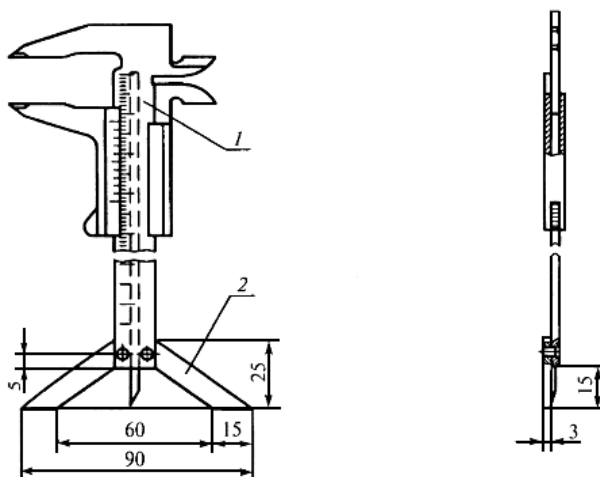
9.Размеры (диаметр, длина, ширина) одиначных несплошностей	dg, lg, bg	4 е	Лупа измерительная. Измерению подлежит каждая несплошность
--	------------	-----	--

Примечание: Измерительный контроль геометрических размеров сварного соединения (конструктивных элементов сварных швов, геометрического положения осей или поверхностей сваренных деталей, углублений между валиками и чешуйчатости поверхности шва, выпуклости и вогнутости корня односторонних швов и т.д.) следует проводить в местах, указанных в рабочих чертежах, НД, ПТД или ПДК, а также в местах, где допустимость указанных показателей вызывает сомнения по результатам визуального контроля.



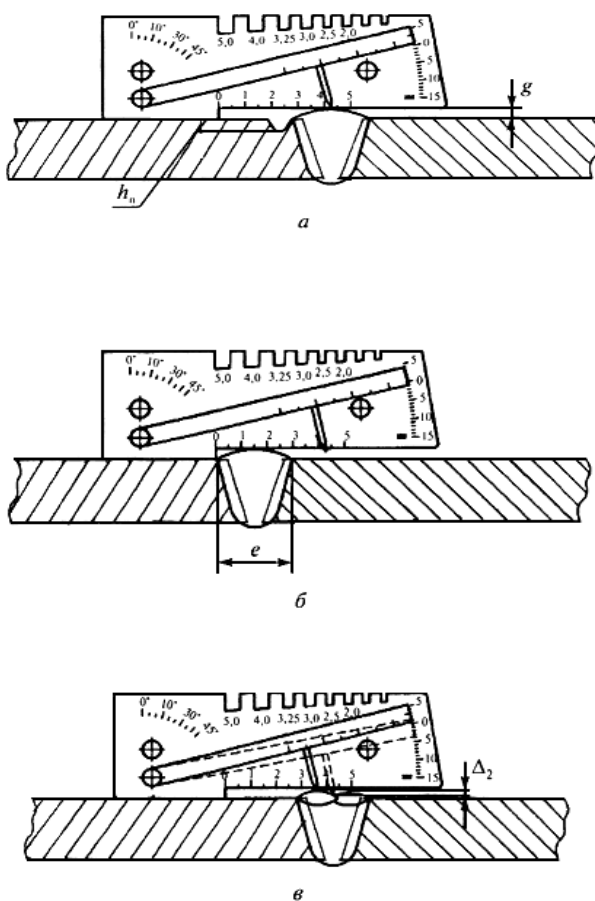
а) и б) размеры (ширина, высота) стыкового одностороннего шва с наружной и внутренней стороны; в) то же двухстороннего сварного шва, г) подрез или неполное заполнение разделки кромок; д) чешуйчатость (Δ_1) шва и западание между валиками шва (Δ_2); е) размеры поверхностных включений (диаметр - d_g , длина - l_g , ширина - b_g , включения); ж) размеры катета шва таврового (углового, нахлесточного) соединения

Рисунок 4 - Размеры сварного шва, подлежащие измерительному контролю



1 - штангенциркуль; 2 - опора

Рисунок 5 - Штангенциркуль типа ШЦ-1 с опорой



а - измерение высоты шва (g) и глубины подреза ($h_{п}$); б - измерение ширины шва (e); в - измерение западаний между валиками (Δ_2)

Рисунок 6- Измерения с помощью шаблона УШС размеров сварного шва

Контролю физическими методами подлежат стыки законченных сваркой участков стальных трубопроводов и проводят радиографическим методом по ГОСТ 7512 [15] и в соответствии с таблицей 6 [1].

Таблица 6 – Контроль физическим методом стальных трубопроводов

Газопроводы	Число стыков, подлежащих контролю, % общего числа стыков, сваренных каждым сварщиком на объекте
1. Наружные и внутренние газопроводы природного газа и СУГ диаметром менее 50 мм всех давлений, надземные и внутренние газопроводы природного газа и СУГ диаметром 50 мм и более, давлением до 0,005 МПа	Не подлежат контролю
2. Газопроводы ГРП и ГРУ диаметром более 50 мм	100
3. Наружные и внутренние газопроводы СУГ всех давлений (за исключением указанных в поз. 1)	100
4. Надземные и внутренние газопроводы природного газа давлением св. 0,005 до 1,2 МПа	5, но не менее одного стыка
5. Подземные газопроводы природного газа давлением: до 0,005 МПа (за исключением указанных в поз. 11 и 12) св. 0,005 до 0,3 МПа (за исключением указанных в поз. 11 и 13) св. 0,3 до 1,2 МПа (за исключением указанных в поз. 13)	10, но не менее одного стыка 50, но не менее одного стыка 100
6. Подземные газопроводы всех давлений, прокладываемые под проезжей частью улиц с капитальными типами дорожных одежд (цементнобетонные, монолитные, асфальтобетонные) а также на переходах через водные преграды во всех случаях прокладки газопроводов в футляре (в пределах перехода и по одному стыку в обе стороны от пересекаемого сооружения)	100

Продолжение таблицы 6

7.	Подземные газопроводы всех давлений при пересечении с коммуникационными коллекторами, каналами, тоннелями (в пределах пересечений и по одному стыку в обе стороны от наружных стенок пересекаемых сооружений)	100
8.	Надземные газопроводы всех давлений на участках переходов через автомобильные I — III категорий и железные дороги по мостам и путепроводам, а также в пределах переходов через естественные преграды	100
9.	Подземные газопроводы всех давлений, прокладываемые в районах с сейсмичностью св. 7 баллов и на карстовых и подрабатываемых территориях и в других особых грунтовых условиях	100
10	Подземные газопроводы всех давлений, прокладываемые на расстоянии по горизонтали в свету менее 3 м от коммуникационных коллекторов и каналов (в том числе каналов тепловой сети)	100
11	Участки подземных газопроводов и подземные вводы на расстоянии от фундаментов зданий менее: 2 м — для газопроводов давлением до 0,005 МПа; 4 м — » » » св. 0,005 до 0,3 МПа; 7 м — » » » св. 0,3 до 0,6 МПа; 10 м — » » » св. 0,6 до 1,2 МПа	100
12.	Подземные газопроводы природного газа давлением до 0,005 МПа, прокладываемые в пучинистых (кроме слабопучинистых) просадочных II типа, набухающих, многолетнемерзлых грунтах и в других особых условиях	25, но не менее одного стыка
13.	Подземные газопроводы природного газа давлением св. 0,005 до 1,2 МПа, прокладываемые вне поселений за пределами черты их перспективной застройки	20, но не менее одного стыка

Примечания:

- 1 Для проверки следует отбирать сварные стыки, имеющие худший внешний вид.
- 2 Нормы контроля по позиции 4 не распространяются на газопроводы, указанные в позиции 8, по позиции 5, 12 и 13 — на указанные в позиции 6 и 7; по позиции 13 — на указанные в позиции 9.
- 3 Нормы контроля не распространяются на угловые соединения труб газопроводов условным диаметром до 500 мм и швы приварки к газопроводу фланцев и плоских заглушек.
- 4 Сварные стыки соединительных деталей стальных газопроводов, изготовленные в условиях ЦЗЗ, ЦЗМ, неповоротные и монтажные (сваренные после производства испытаний) стыки подземных стальных газопроводов всех давлений подлежат 100 %-ному контролю радиографическим методом.

Радиографический метод контроля основан на регистрации и анализе ионизирующего излучения при его взаимодействии с контролируемым изделием. В практике производства более распространенным является рентгеновское излучение [15].

Рентгеновское излучение - это фотонное излучение, обладающее высокой проникающей способностью, способная проходить через большие толщины. К преимуществам данного метода можно отнести высокую чувствительность контроля и большую безопасность человека.

В зависимости от методики проведения используют метод - радиография.

Радиография – основана на проецировании изображения внутренней структуры шва на пленке, а радиографический контроль применяют для выявления в сварных соединениях трещин, непроваров, пор, шлаковых, вольфрамовых, окисных и других включений, прожогов, подрезов, оценки величины выпуклости и вогнутости корня шва, недопустимых для внешнего осмотра.

При радиографическом контроле следует использовать радиографические пленки, соответствующие требованиям технических условий на них и документацией на контроль или приемку сварных соединений, а в качестве усиливающих экранов при радиографическом контроле должны использоваться металлические и флуоресцирующие экраны.

Экраны должны иметь чистую гладкую поверхность. Наличие на экранах складок, царапин, трещин, надрывов и прочих дефектов не допускается. Кассеты для зарядки пленки должны быть светонепроницаемыми и обеспечивать плотный прижим усиливающих экранов к пленке. Для защиты пленки от рассеянного излучения рекомендуется экранировать кассету с пленкой со стороны, противоположной источнику излучения, свинцовыми экранами.

Для определения чувствительности контроля следует применять канавочные эталоны чувствительности. Эталоны чувствительности следует изготавливать из металла или сплава, основа которого по химическому составу аналогична основе контролируемого сварного соединения.

Форма и размеры канавочных эталонов чувствительности приведены на рисунке 7 и в таблице 7 [15].

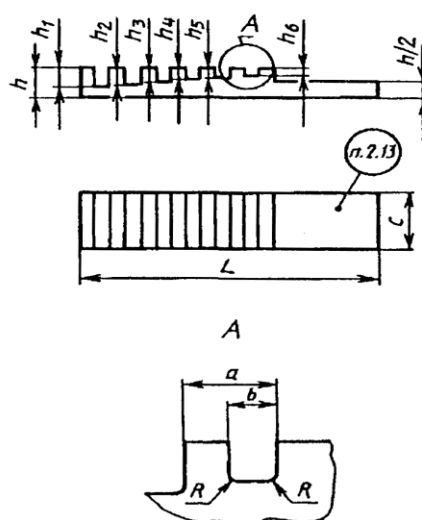


Рисунок 7 – Формы канавочных эталонов чувствительности

Таблица 7 - Размеры канавочных эталонов чувствительности
В миллиметрах

№ эт-на	Глубина канавок						Пред. откл. глубины канавок	R, не более	a		b		c		h		L	
	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅	h ₆			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
1	0,60	0,5	0,40	0,3	0,20	0,10	-0,05	0,1	2,5	±0,30; ±0,150	0,5	+0,2; +0,1	10	- 0,360	2	- 0,100	30	-0,52
2	1,75	1,5	1,25	1,0	0,5	0,50	-0,10	0,2	4,0	±0,40	1,5	+0,3	12	- 0,430	4	- 0,120	45	-0,62
3	-	-	3,00	2,5	2,00	1,50	-0,25	0,3	6,0	±0,40	3,0	+0,3	14	- 0,430	6	- 0,120	60	-0,74
	4,00	3,5	-	-	-	-	-0,30											

Маркировку эталонов чувствительности следует проводить свинцовыми цифрами в соответствии с таблицей 8 [15]. Первая цифра маркировки должна обозначать материал эталона, следующие (одна или две цифры) - номер эталона.

Таблица 8 - Маркировочные знаки для эталонов чувствительности

Тип эталона	Номер эталона	Номер набора цифр по ГОСТ 15843-79
Канавочный	1	5
	2	6
	3	7

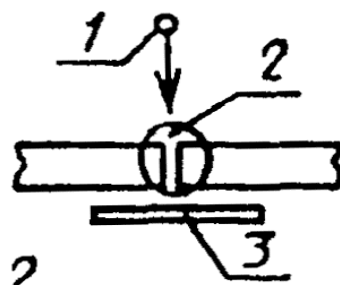
Радиографический контроль следует проводить после устранения обнаруженных при внешнем осмотре сварного соединения наружных дефектов и зачистки его от неровностей, шлака, брызг металла, окалины и других загрязнений, изображения которых на снимке могут помешать расшифровке снимка.

Канавочные эталоны следует устанавливать на расстоянии не менее 5 мм от шва с направлением канавок поперек шва.

При контроле кольцевых швов трубопроводов с диаметром менее 100 мм допускается устанавливать канавочные эталоны на расстоянии не менее 5 мм от шва с направлением канавок вдоль шва.

Сварные соединения следует контролировать по рисункам 8 и 9 [15].

При ограниченной ширине привариваемого элемента допускается проводить контроль тавровых сварных соединений с направлением излучения по образующей этого элемента в соответствии с рисунком. 8 [15].

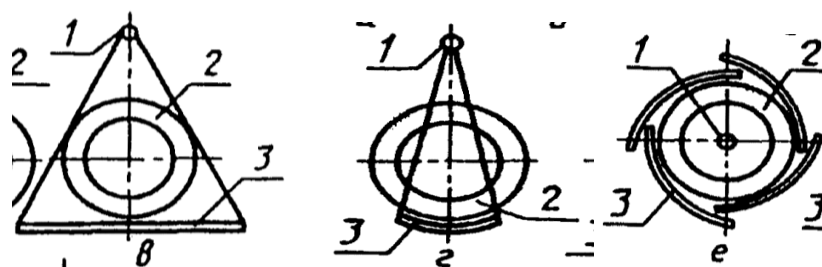


1 - источник излучения; 2 - контролируемый участок; 3 - кассета с пленкой.

Рисунок 8 - Схема контроля стыковых соединений

При контроле кольцевых сварных соединений цилиндрических и сферических пустотелых изделий следует, как правило, использовать схемы просвечивания через одну стенку изделия рисунок 9е и рекомендуется для контроля изделия диаметром до 2 м независимо от объема контроля.

При контроле через две стенки рисунок 9в рекомендуется для просвечивания изделий диаметром до 100 мм; рисунок 9 г - для просвечивания изделий диаметром более 50 мм.



1 - источник излучения; 2 - контролируемый участок; 3 - кассета с пленкой

Рисунок 9 - Схемы контроля кольцевых стыковых сварных соединений

При выборе схемы и направления излучения следует учитывать:

- расстояние от контролируемого сварного соединения до радиографической пленки должно быть минимальным и в любом случае не превышать 150 мм;
- угол между направлением излучения и нормалью к радиографической пленке в пределах контролируемого за одну экспозицию участка сварного соединения должен быть минимальным и в любом случае не превышать 45° .

Для этого используют мобильные рентгеновские аппараты небольшого размера, малой мощности типа Арина 3 мощностью 200Кв., для больших толщин Арина 7 мощностью 250Кв., имеющую более мощные разрядники, следовательно, и мощность (рисунок 10). Арину 7 можно использовать для панорамного просвета небольших диаметров от 219 мм до 520 мм и для фронтального просвечивания средних диаметров от 159 мм до 325мм.



Рисунок 10 - Рентгеновский аппарат Арина-7

Просмотр и расшифровку снимков следует производить после их полного высыхания в затемненном помещении с применением специальных осветителей – негатоскопов (рисунок 11).

Негатоскопы следует использовать с регулируемой яркостью и размерами освещенного поля. Максимальная яркость освещенного поля должна составлять не менее $10D+2$ кд/м², где D - оптическая плотность снимка. Размеры освещенного поля должны регулироваться при помощи подвижных

шторок или экранов-масок в таких пределах, чтобы освещенное поле полностью перекрывалось снимком.



Рисунок 11 - Негатоскоп

Снимки, допущенные к расшифровке, должны удовлетворять требованиям:

- на снимках не должно быть пятен, полос, загрязнений и повреждений эмульсионного слоя, затрудняющих их расшифровку;
- на снимках должны быть видны изображения ограничительных меток, маркировочных знаков и эталонов чувствительности;
- оптическая плотность изображений контролируемого участка шва, околошовной зоны и эталона чувствительности должна быть не менее 1,5;
- уменьшение оптической плотности изображения сварного соединения на любом участке этого изображения по сравнению с оптической плотностью изображения эталона чувствительности не должно превышать 1,0.

При расшифровке снимков определяют размеры изображений непроваров, пор и включений, трещин, а также, при необходимости, оценивают величину вогнутости и выпуклости корня шва (в случаях, когда корень шва недоступен для внешнего осмотра).

Результаты расшифровки снимков и чувствительность контроля должны быть записаны в заключении или журнале регистрации результатов контроля, форма которых должна устанавливаться технической документацией на контроль или приемку сварных соединений.

Для обозначения дефектов в заключении или журнале регистрации результатов контроля следует применять условные обозначения, приведенные в таблице 9.

Таблица 9 - Условная запись дефектов при расшифровке снимков

Вид дефекта	Условное обозначение		Характер дефекта	Условное обозначение	
	Русский алфавит	Латинский алфавит		Русский алфавит	Латинский алфавит
Трещины	Т	Е	Трещина вдоль шва	Тв	Еа
			Трещина поперек шва	Тп	Еб
			Трещина разветвленная	Тр	Ес
Непровары	Н	D	Непровар в корне	Нк	Da
			Непровар между валиками	Нв	Db
			Непровар по разделке	Нр	Dc
Поры	П	А	Отдельная пора	П	Aa
			Цепочка	ЦП	Ab
			Скопление	СП	Ac
Шлаковые включения	Ш	В	Отдельное включение	Ш	Va
			Цепочка	ЦШ	Vb
			Скопление	СШ	Vc
Окисные включения	О	О	-	-	-
Вогнутость корня шва	Вгк	Fa			
Выпуклость корня шва	Впк	Fb			
Подрез	Пдр	Fc			
Смещение кромок	Скр	Fd			

Рассмотрим пример сокращенной записи дефектов при расшифровке снимков:

1. Сокращенная запись в документации: 2Н10; Т40.

Запись означает, что в сварном шве обнаружено два непровара длиной 10 мм каждый и трещины длиной 40 мм.

2. Сокращенная запись в документации: 6П4; Σ12; Н10.

Запись означает, что в сварном шве обнаружено шесть пор с диаметром 4 мм каждая и непровара длиной 10 мм. Максимальная суммарная длина пор на участке снимка длиной 100 мм составляет 12 мм.

1.3 Анализ проводимых ранее исследований уровня и причин дефектности сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения

Основная часть газотранспортной системы РФ была построена в 70-80 годы прошлого века. К настоящему времени износ основных фондов составляет: по линейной части магистральных газопроводов 57,2%. Большая часть магистральных газопроводов имеет подземную конструктивную схему прокладки. На подземные трубопроводы воздействуют коррозионно-активные грунты. Под воздействием коррозионного износа металла уменьшается толщина стенки труб, что в свою очередь может привести к возникновению аварийных ситуаций на магистральных газопроводах. Безопасность объектов трубопроводного транспорта должна быть максимально высокой для обеспечения надежных бесперебойных поставок углеводородного сырья, а угроза возникновения аварий – минимизирована [16].

Для анализа проводимых ранее исследований уровня и причин дефектности сварных соединений изучим статьи о причинах браках на магистральных газопроводах. Поскольку аналогичных публикаций по газовым сетям отсутствуют, а наиболее близкое из того, что есть в печати, это анализ основных причин аварий, произошедших на магистральных газопроводах [17, 18].

Количество природного газа, способного участвовать в аварии, зависит от диаметра газопровода, рабочего давления, места разрыва, времени идентификации разрыва, особенностей расстановки и надежности срабатывания линейной арматуры. По данным Ростехнадзора за 2005–2013 г

средние потери газа на одну аварию на магистральных газопроводах варьируются в диапазоне от двух с половиной до трех миллионов кубометров. Результаты анализа сведений приведены на рисунке 12, рисунок 13, таблица 10, таблица 11 [19].



Рисунок 12 - Суммарное распределение причин аварий на магистральных газопроводах

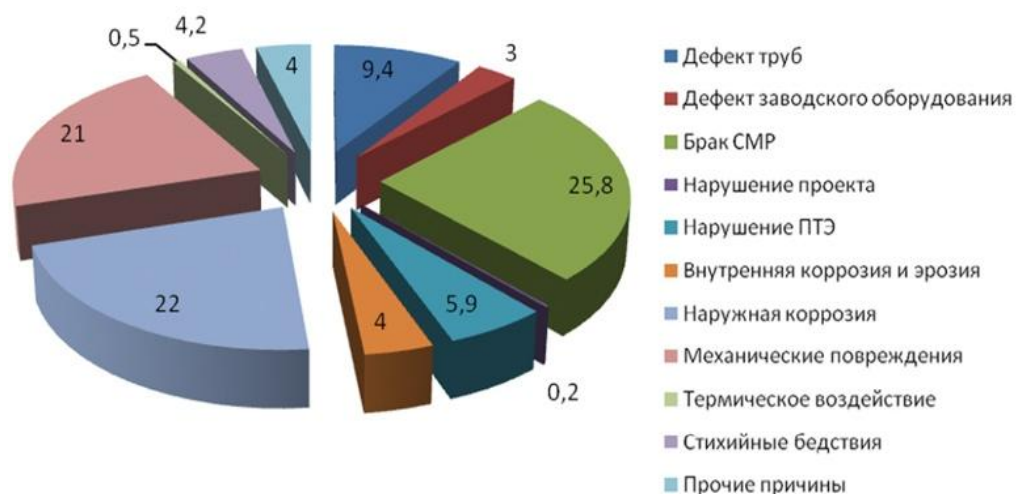


Рисунок 13 - Распределение аварий на линейной части газопроводов разных диаметров по причинам их возникновения

Из вышеприведенных данных видно, что наибольшее число аварий на линейной части магистрального газопровода происходило вследствие наружной и внутренней коррозии (26%), брака строительно-монтажных работ (25,8%) и механических повреждений (21%).

Таблица 10 - Обобщенные сведения об аварийности и дефектности на газопроводах ОАО «Газпром» за период с 1991 по 2002 г

№	Причина	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	Конструктивные недостатки (брак изделия)	2	4	1	1	0	0	0	3	1	0
2	Брак строительства/ изготовления	3	2	3	4	8	2	2	6	3	0
3	Коррозия металла трубы (КРН)	14	8	7	15	6	6	5	6	2	6
4	Ошибочные действия персонала при эксплуатации	1	0	5	0	1	0	1	0	0	1
5	Износ оборудования	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
6	Воздействие стихийных явлений природного происхождения	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	Механическое воздействие	3	7		1	1	1	4	1	3	1
ИТОГО:		23	21	16	21	16	9	14	16	9	8

Таблица 11 - Обобщенные сведения об аварийности и дефектности на газопроводах ОАО «Газпром» за период с 1991 по 2002 г

Год	Общая протяженность газопроводов, тыс. км	Аварийность		Дефектность (свищи, трещины и т.п.), выявлено и устранено	
		число аварий	интенсивность, 1/1000 км в год	число дефектов	интенсивность, 1/1000 км в год
1991	132,14	36	0,27	470	3,56
1992	135,11	25	0,19	405	3,00
1993	138,08	30	0,22	322	2,33
1994	139,30	28	0,20	588	4,22
1995	140,80	30	0,21	509	3,61
1996	145,16	35	0,24	411	2,83
1997	146,72	39	0,27	520	3,54
1998	148,23	35	0,24	595	4,01
1999	148,80	23	0,18	1096	7,37
2000	148,90	33	0,22	1006	6,71
2001	148,90	31	0,21	2090	14,07
2002	151,62	32	0,21	1453	5,58

Основные сценарии возможных аварий на газопроводах связаны с разрывом труб на полное сечение и истечением газа в атмосферу в критическом режиме (со скоростью звука) из двух концов газопровода (вверх и вниз по потоку). Протяженность разрыва и вероятность загорания газа имеют определенную связь как с технологическими параметрами трубопровода (его энергетическим потенциалом), так и с характеристиками грунта (плотность, наличие каменистых включений).

Основными причинами и факторами, способствующими возникновению аварийных разрывов газопроводов, являются: рост в процессе эксплуатации исходных (до эксплуатационных) дефектов (брак СМР, заводской брак труб), не выявленных в ходе испытаний при вводе в эксплуатацию; развитие коррозионных дефектов (атмосферная и почвенная коррозия; стресс-коррозия); механические повреждения тела труб строительной (землеройной) техникой; некачественные выполнения (или отсутствие) диагностических и ремонтных работ. Для уменьшения риска возникновения и развития аварийных ситуаций и поддержания газотранспортной системы РФ в работоспособном состоянии необходимо проводить комплекс мероприятий по предупреждению и снижению аварийности магистральных газопроводов [20].

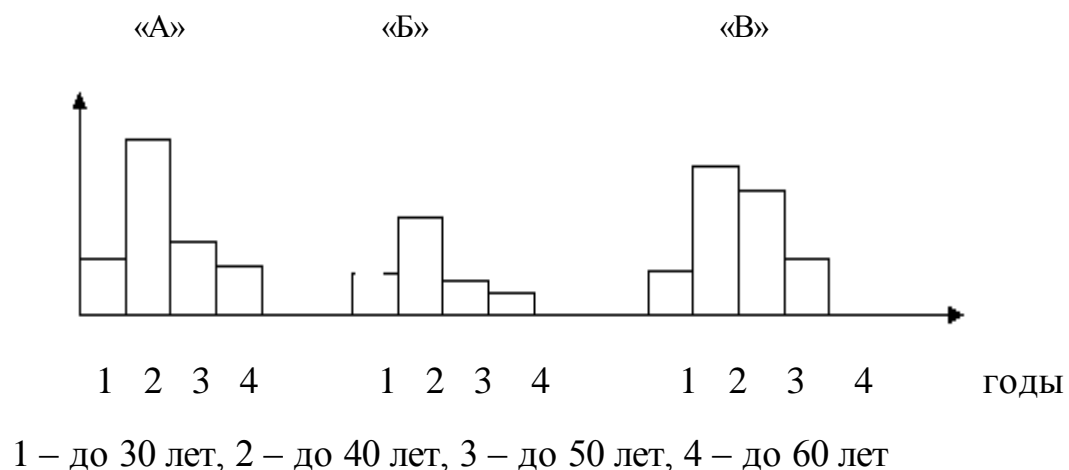
Мы считаем, что для более детального изучения появления дефектов необходимо подробно изучить структуру и причины брака при сварочных работах в составе СМР. Следовательно, это будет одним из направлений нашей работы [21].

Рассматривая статью специалистов Института сварки и защитных покрытий НАН Беларуси на тему исследования и анализ дефектности сварных соединений, выполненных сваркой плавлением, приводят ряд характеристик, в частности рассматривают взаимосвязь дефектов сварных соединений с возрастом, стажем и разрядом сварщиков [22].

Исследования проводились при механизированной сварке «А» сваривали пластины 200x100x8мм из стали 09Г в стык в вертикальном положении с последующей приваркой третьей пластины в горизонтальном положении. По аргонодуговой сварке «Б» сваривали трубы из нержавеющей стали диаметром 42x4мм в неповоротном положении, под углом 45° к плоскости стола. По ручной дуговой сварке «В» сваривали трубы, диаметром 108x3,5мм в неповоротном положении под углом 45° к плоскости стола.

В качестве источников питания сварочной дуги использовали современные инверторные источники, применялись сварочные материалы: электроды марки УОНИ 13/55, ЛВ-52А типа Э-50А, диаметром 2,5; 3,0; 4,0мм; сварочная омедненная проволока, диаметром 1,2мм марки СВ08Г2С и проволока из легированной стали, диаметром 1,2мм марки СВ-06Х19Н9Т.

Количественные и качественные характеристики сварщиков, занятых на сварке показаны, на рисунках 14, 15, 16. При этом механизированную сварку представляло 100 сварщиков, сварку в аргоне - 80 сварщиков и ручную дуговую сварку- 110 сварщиков.



«А» - механизированная сварка, «Б» - аргонодуговая сварка, «В» - ручная дуговая сварка.

Рисунок 14 - Распределение сварщиков по возрасту

В целом возраст сварщиков, их квалификация и стаж примерно соответствует установившемуся в данное время на предприятиях, заводах и строительных организациях. Практически во всех рассматриваемых распределениях выявляется недостаток молодых сварщиков, рисунок 14. Особенно высокий возраст сварщиков на ручной дуговой сварке - от 40 до 60 лет – 48,7 %, тогда как возраст до 30 лет составляет только 10,8%.

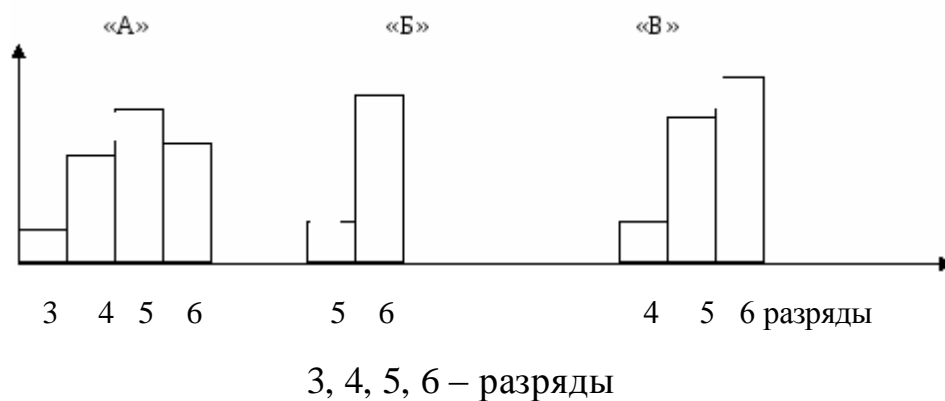


Рисунок 15 - Распределение квалификационных разрядов

Отмечается достаточно высокий уровень разрядов. Третий разряд установлен только у 3% сварщиков.

У сварщиков ручной дуговой сварки отмечается высокий уровень стажа, рисунок 16. Со стажем 30 и более лет – 50,4%, что косвенно указывает на недостаточную обновляемость рабочих, в том числе высокой квалификации.

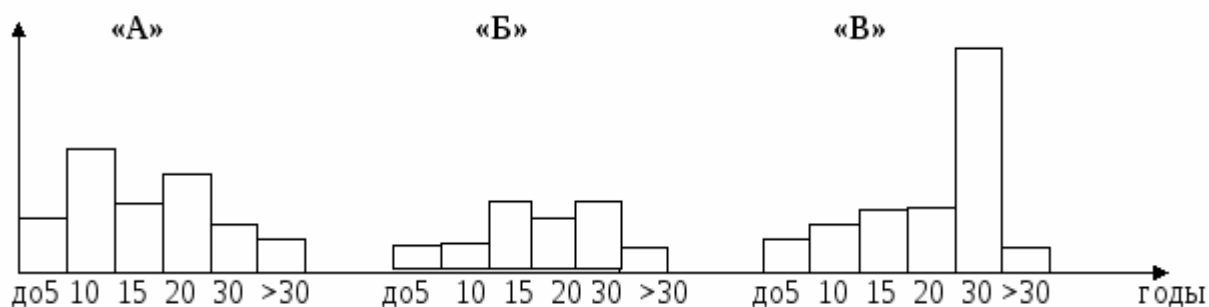
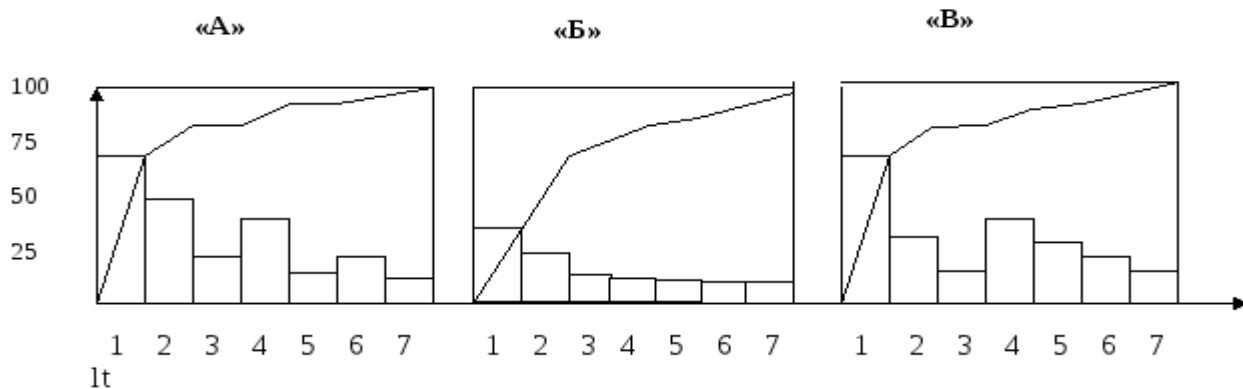


Рисунок 16 - Распределение сварщиков по стажу сварочных работ

Оценку качества сварных соединений по результатам визуально-оптического контроля и измерений, УЗ-контроля и рентгенографии выполняли специалисты 2-го и 3-го уровня, согласно действующим нормативам.

Анализ дефектности и причин образования дефектов при сварке выполняли по данным внешнего осмотра с измерениями и неразрушающего контроля. На рисунке. 17 приведены диаграммы распределения дефектов по исследуемым способам сварки.



1 – непровар в корне шва (Нк) протяженностью до 10 мм; 2 - непровар в корне шва (Нк) протяженностью от 10 до 50 мм; 3 - непровар в корне шва (Нк) протяженностью от 50 до 100мм ; 4 – дефекты формы шва (Фш); 5 – дефекты поры (шлак) П(ш); 6 – дефекты типа подрез и смещение кромок (Пд,См); 7 – прочие дефекты (Пр)

Рисунок 17 - Диаграмма выявленных дефектов сварки.

По способу «А» наиболее частый дефект – непровар корня шва и дефекты формы шва. Особенно сложным, оказалось, сварить горизонтальный шов на вертикальной поверхности. Дефект непровар допустили более половины сварщиков. По результатам УЗ-контроля отмечались и несплавления (слипания). Основная причина дефектов типа непровар, несплавление формы шва – недостаточный опыт и квалификация сварщиков.

По способу «Б» доминирующим дефектом оказался дефект формы шва (неравномерность по высоте и ширине, криволинейность) и непровары в корне шва протяженностью 10-50 мм.

По способу «В» доминировали непровары различной протяженности, проплавы, дефекты формы шва, поры, шлаковые включения – одиночные и небольшие по протяженности скопления.

Установлено, что при сварке в сложных пространственных условиях доминирующей причиной образования дефектов является низкая квалификация и необходимый опыт работы [23, 24].

Таким образом, выполненные исследования подтверждают, о том, что:

- эффективная подготовка специалистов по сварке (рабочих и ИТР), должна быть первостепенным приоритетом развития сварочного производства на предприятиях и организациях;

- качество и прогресс в сварочном производстве возможен только на основе высококвалифицированных исполнителей и непрерывного совершенствования действующих технологических процессов;

- увлечение только контролем соединений без должных инвестиций в развитие технического уровня СП не может обеспечивать качество, контроль только отбраковывает негодные изделия от годных.

Следовательно, нужно выполнить аналогичные исследования по изучению уровня и структуры дефектности, но по отношению к сетевым газопроводам, так как такие исследования отсутствуют [25].

1.4 Задачи исследования

1. Разработка методики статистического исследования уровня дефектности сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения по отдельным факторам
2. Проведение статистического исследования уровня дефектности сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения
3. Обработка результатов исследования с формированием комплексных рекомендаций и мероприятий по снижению уровня дефектности сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения

2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель исследования - выявить основные статистические корреляции между факторами прямо или косвенно, влияющими на качество сварного шва, выполняемого при сварке стыков трубопроводов сетей газораспределения и газопотребления и уровнем дефектности сварных швов, вызванным их влиянием.

2.1 Объёмы выборки при проведении исследований

Период статистических наблюдений: 2 календарных месяца. Число электрогазосварщиков принявших участие в исследовании: 37 человек [26].

Анализируемые способы сварки: РД - ручная дуговая сварка покрытыми металлическими электродами; Г - газовая сварка.

Число сварных стыков проанализированных в ходе проведения статистического исследования: 522 стыка из них:

- число стыков сваренных ручной дуговой сваркой и проанализированных в ходе проведения статистического исследования: 418 стыка;
- число стыков сваренных газовой сваркой и проанализированных в ходе проведения статистического исследования: 104 стыка.

2.2 Методы исследований

При проведении нашего статистического исследования будут применяться элементы трёх основных методов статистического исследования:

1. Статистическое наблюдение,
2. Сводка и группировка данных,
3. Расчет абсолютных и относительных обобщающих показателей.

Первоначально будет осуществлён организованный сбор первичной информации об отдельных единицах изучаемого явления (статистическое наблюдение). Далее собранные данные наблюдений будут сгруппированы и обобщены для получения абсолютных величин (учетно-оценочных показателей) явления. Затем полученные и сгруппированные данные будут обработаны и проведён анализ результатов для получения обоснованных выводов о состоянии изучаемого явления.

2.3 Перечень исследуемых параметров

Для каждого из участвующих в исследовании 522 сварных стыков необходимо зафиксировать следующие параметры:

1. Характеристика стыка:
 - стыковое соединение труб;
 - угловое соединение труб.
2. Диаметр основной трубы, мм.
3. Толщина стенки основной трубы, мм.
4. Материал трубы.
5. Сварщик:
 - возраст сварщика;
 - стаж работы по сварке.
6. Способ сварки:
 - РД;
 - Г.
7. Обнаруженные в стыке дефекты (по наличию):
 - непровар корня;
 - несплавление по кромкам;
 - утяжина;
 - поры;
 - шлаковые включения;

- смещение кромок;
- подрез;
- трещина;
- прожог.

8. Допустимость обнаруженного в стыке дефекта:

- допустим;
- не допустим.

9. Марка электрода или сварочной проволоки.

10. Категория трубопровода:

- I;
- Ia;
- II;
- III;
- IV.

11. Характеристика трубопровода:

- наружный;
- внутренний.

12. Месяц года, в который выполнен стык.

Сбор данных необходимо осуществить в виде единой таблицы с полями, соответствующими приведённому выше перечню исследуемых параметров.

После сбора данных необходимо выполнить группировку данных в виде отдельных таблиц по следующим основным группам факторов:

- 1) По способу сварки в виде таблицы по форме таблицы 12.

Таблица 12 – Группировка данных по способу сварки

Способ сварки	Общее кол-во стыков	Кол-во стыков с дефектами	Фактов встречи дефектов (всего)	Фактов встречи недопустимых дефектов	% недопустимых дефектов	Фактов встречи по отдельным видам дефектов		% недопустимых дефектов по отдельным видам	
						непровар корня		непровар корня	
						несплавление по кромкам		несплавление по кромкам	
						утяжина		утяжина	
						поры		поры	
						шлаковые включения		шлаковые включения	
						смещение кромок		смещение кромок	
						подрез		подрез	
						трещина		трещина	
						прожог		прожог	

2) По способу сварки и диапазону диаметров в виде таблицы по форме таблицы 13. Диапазоны диаметров принимать из ряда: до 100 мм; св. 100 до 219 мм вкл.; св. 219 до 530 мм вкл.

Таблица 13 – Группировка данных по способу сварки и диапазонам диаметров

Способ сварки	Диаметр трубы, мм	Общее кол-во стыков	Кол-во стыков с дефектами	Фактов встречи дефектов (всего)	Фактов встречи недопустимых дефектов	% недопустимых дефектов	Фактов встречи по отдельным видам дефектов		% недопустимых дефектов по отдельным видам	
							непровар корня		непровар корня	
							несплавление по кромкам		несплавление по кромкам	
							утяжина		утяжина	
							поры		поры	
							шлаковые включения		шлаковые включения	
							незаваренный кратер		незаваренный кратер	
							подрез		подрез	
							трещина		трещина	
							прожог		прожог	

3) По способу сварки и диапазону толщин трубы в виде таблицы по форме таблицы 14. Диапазоны толщин принимать из ряда: 3-4 мм; св. 4-6 мм вкл.; св. 6 до 10 мм вкл.

Таблица 14 – Группировка данных по способу сварки и диапазонам толщин

Способ сварки	Толщина, мм	Общее кол-во стыков	Кол-во стыков с дефектами	Фактов встречи дефектов (всего)	Фактов встречи недопустимых дефектов	% недопустимых дефектов	Фактов встречи по отдельным видам дефектов		% недопустимых дефектов по отдельным видам	
							непровар корня		непровар корня	
							несплавление по кромкам		несплавление по кромкам	
							утяжина		утяжина	
							поры		поры	
							шлаковые включения		шлаковые включения	
							незаваренный кратер		незаваренный кратер	
							подрез		подрез	
							трещина		трещина	
							прожог		прожог	

4) По способу сварки и условиям прокладки трубопровода в виде таблицы по форме таблицы 15.

Таблица 15 – Группировка данных по способу сварки и условиям прокладки трубопровода

Способ сварки	Условия прокладки	Общее кол-во стыков	Кол-во стыков с дефектами	Фактов встречи дефектов (всего)	Фактов встречи недопустимых дефектов	% недопустимых дефектов	Фактов встречи по отдельным видам дефектов		% недопустимых дефектов по отдельным видам	
							непровар корня		непровар корня	
							несплавление по кромкам		несплавление по кромкам	
							утяжина		утяжина	
							поры		поры	
							шлаковые включения		шлаковые включения	
							незаваренный кратер		незаваренный кратер	
							подрез		подрез	
							трещина		трещина	
							прожог		прожог	

5) По способу сварки и возрастной группы сварщика в виде таблицы по форме таблицы 16. Возрастные группы сварщика принимать из ряда: 30-40 лет; 40-50 лет; 50-60 лет и 60-70 лет.

Таблица 16 – Группировка данных по способу сварки и возрастной группы сварщика

Способ сварки	Возрастная группа сварщиков	Общее кол-во стыков	Кол-во стыков с дефектами	Фактов встречи дефектов (всего)	Фактов встречи недопустимых дефектов	% недопустимых дефектов	Фактов встречи по отдельным видам дефектов		% недопустимых дефектов по отдельным видам	
							непровар корня		непровар корня	
							несплавление по кромкам		несплавление по кромкам	
							утяжина		утяжина	
							поры		поры	
							шлаковые включения		шлаковые включения	
							незаваренный кратер		незаваренный кратер	
							подрез		подрез	
							трещина		трещина	
							прожог		прожог	

б) По способу сварки и группе сварщика по стажу в виде таблицы по форме таблицы 17. Группу сварщика по стажу принимать из ряда: 10-15 лет; 15-20 лет; 20-25 лет 25-30 лет и свыше 30 лет.

Таблица 17 – Группировка данных по способу сварки и группе сварщика по стажу

Способ сварки	Группа сварщика по стажу	Общее кол-во стыков	Кол-во стыков с дефектами	Фактов встречи дефектов (всего)	Фактов встречи недопустимых дефектов	% недопустимых дефектов	Фактов встречи по отдельным видам дефектов		% недопустимых дефектов по отдельным видам	
							непровар корня		непровар корня	
							несплавление по кромкам		несплавление по кромкам	
							утяжина		утяжина	
							поры		поры	
							шлаковые включения		шлаковые включения	
							незаваренный кратер		незаваренный кратер	
							подрез		подрез	
							трещина		трещина	
							прожог		прожог	

2.4 Методы обработки данных

После группировки данных в виде таблиц по формам 12 - 17 производят обработку данных с расчётом, для каждой группы факторов, таких параметров как:

- Процент дефектных стыков;
- Коэффициент недопустимых дефектов;
- Средний процент стыков с недопустимыми дефектами;
- Доля отдельных видов дефектов (%) в их общем количестве;
- Распределение недопустимых дефектов (%) по их видам;

Результаты обработки и анализа данных по способам сварки заносят в таблицу по форме таблицы 18.

Таблица 18 – Результаты обработки данных по уровню дефектности в зависимости от способа сварки

Способ сварки	Процент дефектных стыков	Коэффициент недопустимых дефектов	Средний процент стыков с недопустимыми дефектами	Доля отдельных видов дефектов (%) в их общем кол-ве			Распределение недопустимых дефектов (%) по их видам		
					Кол-во	Доля, %		Кол-во	Доля, %
				непровар корня			непровар корня		
				несплавление по кромкам			несплавление по кромкам		
				утяжина			утяжина		
				поры			поры		
				шлаковые включения			шлаковые включения		
				смещение кромок			смещение кромок		
				подрез			подрез		
				трещина			трещина		
				прожог			прожог		
				ИТОГО		100	ИТОГО		100

Результаты обработки и анализа данных по всем остальным группам факторов заносят в таблицу по форме таблицы 19

Таблица 19 – Результаты обработки данных по уровню дефектности и способу сварки в зависимости от группового фактора (диаметр, толщина, стаж, возраст и т.п.)

Способ сварки	Групповой фактор	Процент дефектных стыков	Коэффициент недопустимых дефектов	Средний процент стыков с недопустимыми дефектами	Доля отдельных видов дефектов (%) в их общем кол-ве		Распределение недопустимых дефектов (%) по их видам			
					Кол-во	Доля, %	Кол-во	Доля, %	Доля, %	
					непровар корня			непровар корня		
					несплавленное по кромкам			несплавленное по кромкам		
					утяжина			утяжина		
					поры			поры		
					шлаковые включения			шлаковые включения		
					смещение кромок			смещение кромок		
					подрез			подрез		
					трещина			трещина		
					прожог			прожог		
					ИТОГО		100	ИТОГО		100

После обработки данных исследований необходимо выполнить построение графиков уровня дефектности сварных стыков по каждой группе факторов. Сначала строятся графики с общими данными по данному групповому фактору, а затем по каждой группе конкретного фактора строится свой график, показывающий распределение дефектов по отдельным видам внутри данной группы фактора.

После построения графиков проводится анализ обработанных данных.

После каждого графика необходимо провести его анализ, - т.е. указать какие, закономерности видны из этого графика. Сначала нужно провести анализ общих графиков, а потом привязанных к ним графиков, показывающих распределение дефектов по отдельным видам внутри данной группы фактора.

При проведении анализа графиков, показывающих распределение дефектов по отдельным видам внутри данной группы фактора необходимо проследить закономерность того, какие виды дефектов чаще, а какие реже встречаются в зависимости от изменения группы фактора - диаметра, толщины,

возраста и прочее. Также важно проанализировать возможные причины образования того или иного дефекта и, в дальнейшем, на основании этого сформулировать рекомендации по снижению уровня дефектности.

Для такого анализа сначала нужно принять некую классификацию причин образования дефектов.

Классификация причин образования дефектов сварки:

- 1) некачественная подготовка и сборка кромок под сварку;
- 2) технологические дефекты - т.е. дефекты, образующиеся из-за несоблюдения технологии сварки (режимов сварки, зачистки слоев, защиты от воздействия ветра и осадков);
- 3) некачественная подготовка сварочных материалов.

Для анализа причин дефектности нужно пользоваться описанием возможных причин образования отдельных видов дефектов, приведённым в таблице 20 [27].
Таблица 20 - Описание возможных причин образования отдельных видов дефектов

Дефект	Возможная причина образования
непровар утяжина корня,	1) некачественная подготовка и/или сборка кромок под сварку - заниженный зазор, завышенное притупление кромки) 2) нарушение режима сварки - заниженное значение тока, завышенная скорость сварки (квалификационный показатель)
поры	1) некачественная подготовка сварочных материалов - отсутствие прокали 2) некачественная подготовка кромок - наличие ржавчины, влаги и загрязнений на кромках 3) нарушение условий защиты зоны сварки от ветра и осадков 4) нарушение техники сварки - сварка длинной дугой (квалификационный показатель)
шлаковые включения	1) нарушение технологии сварки - некачественная зачистка поверхности ранее выполненного слоя шва
незаваренный кратер	1) нарушение техники сварки - резкий обрыв сварочной дуги (квалификационный показатель)
подрез	1) некачественная сборка под сварку - сборка со смещением кромок 2) нарушение техники сварки - сварка на повышенном токе (квалификационный показатель)
трещина	1) нарушение технологии сварки - нарушение режима предварительного и сопутствующего подогрева, а также режима охлаждения металла шва при отрицательных температурах воздуха
прожог	1) нарушение техники сварки - сварка на повышенном токе (квалификационный показатель) 2) некачественная сборка кромок под сварку - завышенный зазор в стыке

Каждый график по группам дефектов в зависимости от разных групп факторов - диаметра, толщины, возраста и пр. нужно проанализировать и указать какой вид дефектов встречается для каждой группы чаще, какой реже. Также необходимо выявить зависимость от исследуемого фактора группы - например, что с увеличением возраста сварщика растёт число дефектов связанных с нарушениями технологии и техники сварки, или, что с увеличением диаметра растёт кол-во пор (это потом можно будет хорошо объяснить более сложной защитой от атмосферы стыков большего периметра).

На основании сделанных обобщений необходимо сформировать выводы, рекомендации и мероприятия, направленные на снижение уровня дефектности сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УРОВНЯ ДЕФЕКТНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ИХ АНАЛИЗ

3.1 Сводные результаты исследования уровня дефектности сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения

Исходя из задач исследования нашей диссертации мы занимались сбором информации о дефектах, которые возникли при изготовлении сварных соединений трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения сотрудниками (электрогазосварщиками) ООО «СВГК», которые принадлежат различным возрастным группам, а также имеют различный стаж работы. При этом отбирались образцы с трубопроводов с различными условиями прокладки (внутренний, наружный); различных типоразмеров (диаметр); с различными величинами толщины стенок; сваренных ручной дуговой сваркой (РД) и газовой сваркой (Г) [28].

Статистические наблюдения проводились по данным лаборатории неразрушающего контроля ООО «СВГК» с помощью неразрушающих методов контроля (НМК).

Полученные данные сгруппированы в таблицы по основным видам дефектов сварочных соединений с подсчетом процентов недопустимых с привязкой к одному из исследуемых нами факторов.

Результаты исследований представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Общий анализ дефектов

Способ сварки	Общее количество стыков	Кол-во стыков с дефектами	Фактов встречи дефектов (всего)	Фактов встречи недопустимых дефектов	% недопустимых дефектов	Фактов встречи по отдельным видам дефектов		% недопустимых дефектов по отдельным видам	
РД	418	210	338	163	47,9	непровар корня	56	непровар корня	53,6
						несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
						утяжина	62	утяжина	9,7
						поры	157	поры	58,9
						шлаковые включения	46	шлаковые включения	65,2
						смещение кромок	1	смещение кромок	-
						подрез	16	подрез	31,3
						трещина	-	трещина	-
						прожог	-	прожог	-
						ИТОГО	338	ИТОГО	218,7
Г	104	24	30	16	53,3	непровар корня	5	непровар корня	60
						несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
						утяжина	4	утяжина	25
						поры	14	поры	57,1
						шлаковые включения	6	шлаковые включения	50
						незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
						подрез	1	подрез	100
						трещина	-	трещина	-
						прожог	-	прожог	-
						ИТОГО	30	ИТОГО	292,1

При проведении контроля сварных соединений выделяют допустимые и недопустимые дефекты [13], на основании таблицы 21 видно, что при ручной дуговой сварке трубопроводов фактор встречи дефектов 338, из них фактор встречи недопустимых дефектов 163. При газовой сварке трубопроводов фактор встречи дефектов 30, из них фактор встречи недопустимых дефектов 16. Наиболее частый дефект при ручной дуговой и газовой сварке – поры, утяжина, непровар корня, шлаковые включения. Дефект поры допустили почти половину электрогазосварщиков. Основная причина дефекта типа поры – наличие в расплавленном металле сварочной ванны газов.

Рассмотрим данные в зависимости от диаметра трубопровода. Данные приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Данные дефектов в зависимости от диаметра трубопровода

Способ сварки	Диаметр трубы, мм	Общее кол-во стыков	Кол-во стыков с дефектами	Фактов встречи дефектов в (всего)	Фактов встречи недопустимых дефектов	% недопустимых дефектов	Фактов встречи по отдельным видам дефектов		% недопустимых дефектов по отдельным видам	
РД	До 100	48	23	37	22	59,5	непровар корня	7	непровар корня	100
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	7	утяжина	-
							поры	19	поры	68,4
							шлаковые включения	3	шлаковые включения	66,7
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	1	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	37	235,1	
РД	Св. 100 до 219	332	163	256	128	49,6	непровар корня	44	непровар корня	47,7
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	40	утяжина	10
							поры	119	поры	58,8
							шлаковые включения	41	шлаковые включения	68,3
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	12	подрез	41,7
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	256	226,5	
РД	Св. 219 до 530	38	24	45	13	28,9	непровар корня	5	непровар корня	60
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	14	утяжина	7,1
							поры	19	поры	42,1
							шлаковые включения	3	шлаковые включения	33,3
							смещение кромок	1	смещение кромок	-
							подрез	3	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	45	142,5	
	Итого:	418	210	338	163		ИТОГО:	45	ИТОГО	142,5

Продолжение таблицы 22

Г	До 100	104	24	30	16	53,3	непровар корня	5	непровар корня	60
							несплавлен ие по кромкам	-	несплавлен ие по кромкам	-
							утяжина	4	утяжина	25
							поры	14	поры	57,1
							шлаковые включения	6	шлаковые включения	50
							незаваренн ый кратер	-	незаваренн ый кратер	-
							подрез	1	подрез	100
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	30		292,1

Чаще всего сварные соединения, сварены на трубопроводах диаметром от 100 мм до 219 мм, из них фактор встречи дефектов 256 и фактор встречи недопустимых дефектов 128 стыков. В то же время видно, что при ручной дуговой сварке брак снижается с увеличением диаметра трубопровода.

Из данных по таблице 22 можно построить график зависимости недопустимых дефектов от диаметра трубы, из которого будет видно, что наиболее частый дефект при ручной дуговой и газовой сварке – поры, непровар корня, утяжина и шлаковые включения.

Рассмотрим данные в зависимости от толщины свариваемого трубопровода. Данные приведены в таблице 23.

Таблица 23 - Данные дефектов в зависимости от толщины свариваемого трубопровода

Сло соб свар ки	Толщ ина труб ы, мм	Общ ее кол- во стык ов	Кол- во стыко в с дефек тами	Фактов встреч и дефект ов (всего)	Фактов встречи недопус тимых дефекто в	% недоп устим ых дефек тов	Фактов встречи по отдельным видам дефектов		% недопустимых дефектов по отдельным видам	
РД	От 3 до 4	106	49	78	47	60,3	непровар корня	12	непровар корня	66,7
							утяжина	10	утяжина	-
							поры	46	поры	76,1
							шлаковые включения	6	шлаковые включения	50
							незаваренны й кратер	-	незаваренны й кратер	-
							подрез	4	подрез	25
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
ИТОГО:	78		217,8							

Продолжение таблицы 23

РД	Св. 4 до 6	303	154	249	116	46,6	непровар корня	44	непровар корня	50
							несплавлени е по кромкам	-	несплавлени е по кромкам	-
							утяжина	44	утяжина	13,6
							поры	110	поры	51,8
							шлаковые включения	38	шлаковые включения	71,1
							смещение кромки	1	смещение кромки	-
							подрез	12	подрез	33,3
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	249		219,8
РД	Св. 6 до 10	9	7	11	0	0	непровар корня	-	непровар корня	-
							несплавлени е по кромкам	-	несплавлени е по кромкам	-
							утяжина	7	утяжина	-
							поры	2	поры	-
							шлаковые включения	2	шлаковые включения	-
							незаваренны й кратер	-	незаваренны й кратер	-
							подрез	-	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
прожог	-	прожог	-							
ИТОГО:	11		-							
Г	Св. 3 до 5 вкл.	104	24	30	16	5,3	непровар корня	5	непровар корня	60
							несплавлени е по кромкам	-	несплавлени е по кромкам	-
							утяжина	4	утяжина	25
							поры	14	поры	57,1
							шлаковые включения	6	шлаковые включения	50
							незаваренны й кратер	-	незаваренны й кратер	-
							подрез	1	подрез	100
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	30		292,1

Чаще всего используются трубопроводы с толщинами стенки от 4 мм до 6 мм, и как следствие на них приходится наибольший процент брака, фактор встречи дефектов 249 и фактор встречи недопустимых дефектов 116.

Так же как независимо от диаметра, при различных толщинах стенок трубопроводов наиболее частые дефекты при ручной дуговой и газовой сварке – повторяются, это поры, непровар корня, утяжина и шлаковые включения.

Рассмотрим данные в зависимости от условий прокладки трубопровода.

Данные приведены в таблице 24

Таблица 24 - Данные дефектов в зависимости от условий прокладки трубопровода

Способ сварки	Условия прокладки	Общее количество стыков	Количество стыков с дефектами	Фактов встреч и дефектов (всего)	Фактов встречи недопустимых дефектов	% недопустимых дефектов	Фактов встречи по отдельным видам дефектов		% недопустимых дефектов по отдельным видам	
РД	Наружный	248	120	185	80	43,2	непровар корня	27	непровар корня	51,9
							несплавленное по кромкам	-	несплавленное по кромкам	-
							утяжина	34	утяжина	11,8
							поры	82	поры	50
							шлаковые включения	31	шлаковые включения	54,8
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							смещение кромок	1	смещение кромок	-
							подрез	10	подрез	40
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	185	208,5	
РД	Внутренний	170	90	153	83	54,2	непровар корня	29	непровар корня	58,6
							утяжина	27	утяжина	7,4
							поры	76	поры	65,8
							шлаковые включения	15	шлаковые включения	86,7
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	6	подрез	16,7
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	153	235,2	
	ИТОГО:	418	210	338	163	ИТОГО:	160	207,6		
Г	Наружный	62	12	13	4	30,8	непровар корня	2	непровар корня	-
							несплавленное по кромкам	-	несплавленное по кромкам	-
							утяжина	2	утяжина	-
							поры	7	поры	28,6
							шлаковые включения	2	шлаковые включения	100
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	-	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	13		

Продолжение таблицы 24

Г	Внутренний	42	12	17	12	70,6	непровар корня	3	непровар корня	100
							несплавленное по кромкам	-	несплавленное по кромкам	-
							утяжина	2	утяжина	50
							поры	7	поры	85,7
							шлаковые включения	4	шлаковые включения	25
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	1	подрез	100
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
ИТОГО:	17		360,7							
ИТОГО:	104	24	30	16			ИТОГО:	17		360,7

Рассматривая данные таблицы, приходим к выводу, что, как и следовало ожидать, больше всего брака при прокладке трубопровода – наружный способ, а также внутри помещений, что обуславливается стесненностью рабочего места. При ручной дуговой сварке при прокладке трубопровода наружным способом наибольшее число факторов встречи дефектов 160 и факторов встречи недопустимых дефектов 68.

Что касается распределения процента дефектов по видам, то не зависимо от способа прокладки трубопроводов наибольший процент приходится на уже встречавшиеся нам виды - поры, непровар корня, утяжина и шлаковые включения.

Рассмотрим данные в зависимости от возраста электрогазосварщика. Данные приведены в таблице 25.

Таблица 25 - Данные дефектов в зависимости от возраста электрогазосварщика

Способ сварки	Сварщик (возраст)	Общее кол-во стыков	Кол-во стыков с дефектами	Фактов встречи дефектов (всего)	Фактов встречи недопустимых дефектов	% недопустимых дефектов	Фактов встречи по отдельным видам дефектов		% недопустимых дефектов по отдельным видам	
РД	Сварщик 1 30-40 лет	48	21	39	15	38,5	непровар корня	9	непровар корня	66,7
							утяжина	6	утяжина	-
							поры	18	поры	44,4
							шлаковые включения	2	шлаковые включения	50
							смещение кромок	1	смещение кромок	-
							подрез	3	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
ИТОГО:	39		161,1							

Продолжение таблицы 25

РД	Сварщик 2 40-50 лет	40	24	42	24	57,1	непровар корня	5	непровар корня	20
							утяжина	3	утяжина	66,7
							поры	26	поры	69,2
							шлаковые включения	3	шлаковые включения	33,3
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	5	подрез	40
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	42		229,2
РД	Сварщик 3 50-60 лет	229	105	146	62	42,5	непровар корня	24	непровар корня	45,8
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	35	утяжина	5,7
							поры	76	поры	57,9
							шлаковые включения	10	шлаковые включения	50
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	1	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
ИТОГО:	146		159,4							
РД	Сварщик 4 60-70 лет	101	60	111	62	55,9	непровар корня	18-	непровар корня	66,7
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	17	утяжина	17,6
							поры	39	поры	56,4
							шлаковые включения	30	шлаковые включения	73,3
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	7	подрез	42,9
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
	ИТОГО:	111		256,9						
	ИТОГО:	418	210	338	163		ИТОГО:	338		
Г	Сварщик 1 30-40 лет	27	8	11	8	0	непровар корня	2	непровар корня	50
							утяжина	2	утяжина	50
							поры	6	поры	83,3
							шлаковые включения	-	шлаковые включения	-
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	1	подрез	100
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	11		283,3

Продолжение таблицы 25

Г	Сварщик 2 40-50 лет	20	5	6	0	0	непровар корня	-	непровар корня	-
							утяжина	2	утяжина	-
							поры	1	поры	-
							шлаковые включения	3	шлаковые включения	-
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	-	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
ИТОГО:	6									
Г	Сварщик 3 50-60 лет	32	7	9	6	0	непровар корня	3	непровар корня	66,7
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	-	утяжина	-
							поры	5	поры	60
							шлаковые включения	1	шлаковые включения	100
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	-	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
прожог	-	прожог	-							
ИТОГО:	9		226,7							
Г	Сварщик 4 60-70 лет	25	4	4	2	50	непровар корня	-	непровар корня	-
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	-	утяжина	-
							поры	2	поры	-
							шлаковые включения	2	шлаковые включения	100
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	-	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
прожог	-	прожог	-							
ИТОГО:	4		100							
	ИТОГО:	104	24	30	16		ИТОГО:	30		

Рассматривая данные таблицы, видно, что больше всего брака приходится на старшую возрастную группу от 50 лет до пенсионного возраста, что не удивительно.

Наиболее хорошие результаты с наименьшим количеством брака показывает группа сварщиков в возрасте от 30 до 50 лет.

Основные виды дефектов не зависимо от возраста те же самые – поры, непровар корня, утяжина и шлаковые включения.

Рассмотрим данные в зависимости от стажа работы электрогазосварщика.

Данные приведены в таблице 26.

Таблица 26 - Данные дефектов в зависимости от стажа работы электрогазосварщика

Способ сварки	Сварщик (стаж работы)	Общее количество стыков	Количество стыков с дефектами	Фактов встреч и дефектов (всего)	Фактов встреч недопустимых дефектов	% недопустимых дефектов	Фактов встречи по отдельным видам дефектов		% недопустимых дефектов по отдельным видам	
РД	5-10 лет	17	11	21	6	28,6	непровар корня	6	непровар корня	50
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	2	утяжина	-
							поры	8	поры	37,5
							шлаковые включения	2	шлаковые включения	-
							смещение кромок	1	смещение кромок	-
							подрез	2	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
ИТОГО:	21	87,5								
РД	10-15 лет	4	2	0	0	0	непровар корня	0	непровар корня	-
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	-	утяжина	-
							поры	-	поры	-
							шлаковые включения	-	шлаковые включения	-
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	-	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
ИТОГО:	-	-								
РД	15-20 лет	66	34	57	32	56,1	непровар корня	8	непровар корня	62,5
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	6	утяжина	-
							поры	34	поры	64,7
							шлаковые включения	4	шлаковые включения	75
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	5	подрез	40
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
ИТОГО:	57	242,2								

Продолжение таблицы 26

РД	20-25 лет	25	15	18	8	44,4	непровар корня	1	непровар корня	-
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	3	утяжина	-
							поры	13	поры	61,5
							шлаковые включения	1	шлаковые включения	-
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	-	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	18		61,5
РД	25-30 лет	42	14	27	9	33,3	непровар корня	10	непровар корня	30
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	7	утяжина	14,3
							поры	6	поры	50
							шлаковые включения	4	шлаковые включения	50
							смещение кромок	-	смещение кромок	-
							подрез	-	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	27		144,3
РД	Свыше 30 лет	264	134	215	108	50,2	непровар корня	32	непровар корня	59,4
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	43	утяжина	11,6
							поры	95	поры	58,9
							шлаковые включения	37	шлаковые включения	67,6
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	8	подрез	37,5
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
ИТОГО:	215		-							
	ИТОГО:	418	210	338	163		ИТОГО:	338		235
Г	5-10 лет	9	4	5	2	40	непровар корня	1	непровар корня	-
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	1	утяжина	-
							поры	3	поры	66,7
							шлаковые включения	-	шлаковые включения	-
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	-	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	5		66,7

Продолжение таблицы 26

Г	10-15 лет	6	0	0	0	0	непровар корня	-	непровар корня	-
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	-	утяжина	-
							поры	-	поры	-
							шлаковые включения	-	шлаковые включения	-
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	-	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	-	-	-
Г	15-20 лет	16	5	11	6	54,5	непровар корня	1	непровар корня	100
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	2	утяжина	50
							поры	4	поры	75
							шлаковые включения	3	шлаковые включения	-
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	1	подрез	100
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	11	325	325
Г	20-25 лет	19	6	2	1	50	непровар корня	1	непровар корня	-
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	1	утяжина	-
							поры	-	поры	-
							шлаковые включения	1	шлаковые включения	100
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	-	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	2	100	100
Г	25-30 лет	9	2	1	0	0	непровар корня	1	непровар корня	-
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	-	утяжина	-
							поры	-	поры	-
							шлаковые включения	0	шлаковые включения	-
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	-	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	1	0	0

Продолжение таблицы 26

Г	Свыше 30 лет	45	7	11	7	63,60	непровар корня	2	непровар корня	100
							несплавление по кромкам	-	несплавление по кромкам	-
							утяжина	-	утяжина	-
							поры	7	поры	42,9
							шлаковые включения	2	шлаковые включения	100
							незаваренный кратер	-	незаваренный кратер	-
							подрез	-	подрез	-
							трещина	-	трещина	-
							прожог	-	прожог	-
							ИТОГО:	11		242,9
ИТОГ О:	104	24	30	16		ИТОГО:	30			

3.2 Анализ частоты образования отдельных видов дефектов в сварных соединениях стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения

Для анализа сначала нужно описать классификацию причин образования дефектов, принимаемую нами в данной работе.

Классификация причин образования дефектов сварки:

- 1) некачественной подготовки и сборки под сварку;
- 2) технологические дефекты - те дефекты, образующиеся из-за несоблюдения технологии сварки (режимов сварки, зачистки слоев, защиты от воздействия ветра и осадков);
- 3) некачественная подготовка сварочных материалов.

Составим таблицу с указанием возможных причин образования отдельных видов дефектов. Данные приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Дефекты и их причина образования

Дефект	Возможная причина образования
непровар корня, утяжина	1) некачественная подготовка и/или сборка кромок под сварку - заниженный зазор, завышенное притупление кромок) 2) нарушение режима сварки - заниженное значение тока, завышенная скорость сварки (квалификационный показатель)

Продолжение таблицы 27

поры	1) некачественная подготовка сварочных материалов - отсутствие прокалки 2) некачественная подготовка кромок - наличие ржавчины, влаги и загрязнений на кромках 3) нарушение условий защиты зоны сварки от ветра и осадков 4) нарушение техники сварки - сварка длинной дугой (квалификационный показатель)
шлаковые включения	1) нарушение технологии сварки - некачественная зачистка поверхности ранее выполненного слоя шва
незаваренный кратер	1) нарушение техники сварки - резкий обрыв сварочной дуги (квалификационный показатель)
подрез	1) некачественная сборка под сварку - сборка со смещением кромок 2) нарушение техники сварки - сварка на повышенном токе (квалификационный показатель)
трещина	1) нарушение технологии сварки - нарушение режима предварительного и сопутствующего подогрева, а также режима охлаждения металла шва при отрицательных температурах воздуха
прожог	1) нарушение техники сварки - сварка на повышенном токе (квалификационный показатель) 2) некачественная сборка кромок под сварку - завышенный зазор в стыке

3.3 Анализ уровня дефектности сварных соединений в зависимости от применяемого способа сварки

Рассмотрим данные общего анализа по способам сварки в зависимости от распределения недопустимых дефектов по их видам. Данные приведены в таблице 28.

Таблица 28 – Общий анализ дефектов

Способ сварки	Процент дефектных стыков	Коэффициент недопустимых дефектов	Средний процент стыков с недопустимыми дефектами	Доля отдельных видов дефектов (%) в их общем кол-ве			Распределение недопустимых дефектов (%) по их видам		
					Кол-во	Доля, %		Кол-во	Доля, %
РД	50,2	0,48	24,1	непровар корня	56	16,6	непровар корня	30	18,2
				несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
				утяжина	62	18,4	утяжина	6	3,7
				поры	157	46,4	поры	92	56,7
				шлаковые включения	46	13,6	шлаковые включения	30	18,3
				смещение кромок	1	0,3	смещение кромок	0	0
				подрез	16	4,7	подрез	5	3,1
				трещина	-	0	трещина	0	0
				прожог	-	0	прожог	0	0
				ИТОГО	338	100	ИТОГО	163	100
Г	23	0,53	12,2	непровар корня	5	16,7	непровар корня	3	18,7
				несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
				утяжина	4	13,3	утяжина	1	6,3
				поры	14	46,7	поры	8	50
				шлаковые включения	6	20	шлаковые включения	3	18,7
				незаваренный кратер	-	0	незаваренный кратер	0	0
				подрез	1	3,3	подрез	1	6,3
				трещина	-	0	трещина	0	0
				прожог	-	0	прожог	0	0
				ИТОГО	30	100	ИТОГО	16	100

1) Процент дефектных стыков = (кол-во стыков с дефектами / общее кол-во стыков) × 100

2) Коэффициент недопустимых дефектов = % недопустимых дефектов / 100

3) Средний процент стыков с недопустимыми дефектами = Процент дефектных стыков × Коэффициент недопустимых дефектов

4) Кол-во недопустимых = кол-во фактов встречи данного вида дефекта × % недопустимых дефектов

На основании общего анализа данных дефектов по способам сварки, построим график от общего количества дефектов и недопустимых дефектов по их видам в зависимости от способа сварки РД и Г рисунок 18 - 20.

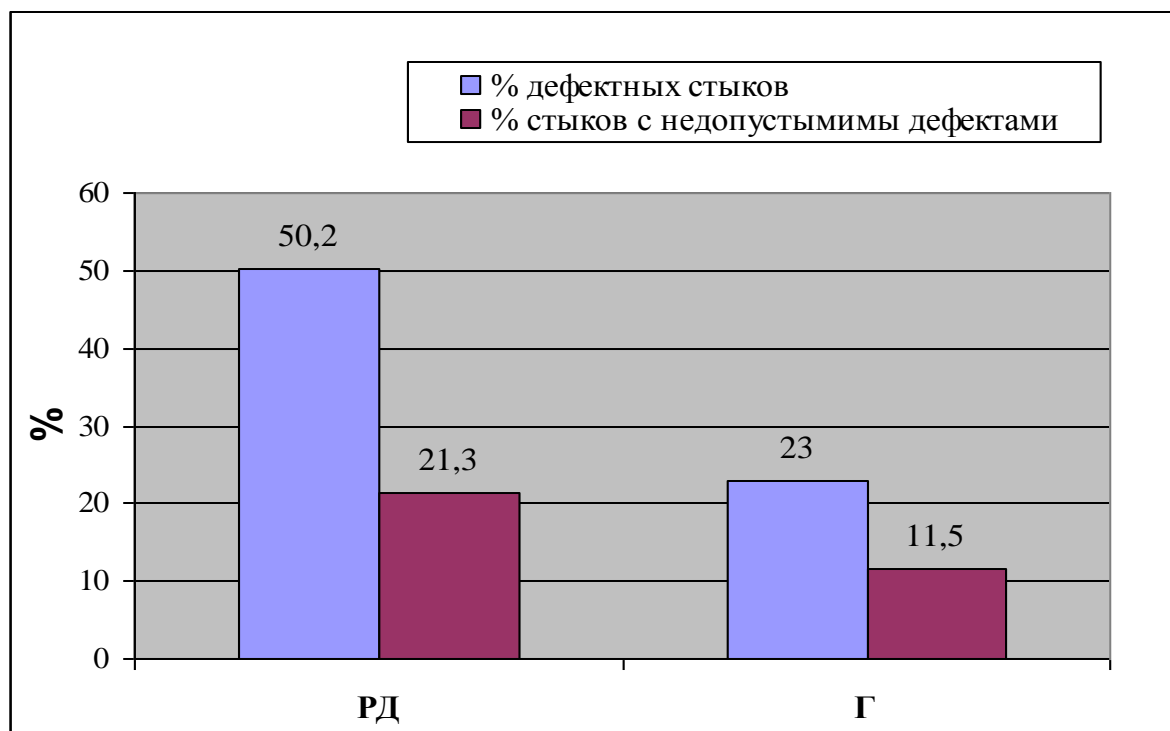


Рисунок 18 – Общий анализ дефектов по видам сварки

Рассматривая рисунок 18, мы видим, что при сварке способом РД, процент дефектных стыков и стыков с недопустимыми дефектами значительно выше, что обусловлено, прежде всего, меньшим использованием способа Г при сварке в системах газоснабжения и газораспределения. Так же можно отметить, что при обоих способах сварки процент стыков с недопустимыми дефектами, то есть брака, составляет меньше половины от общего процента дефектов.

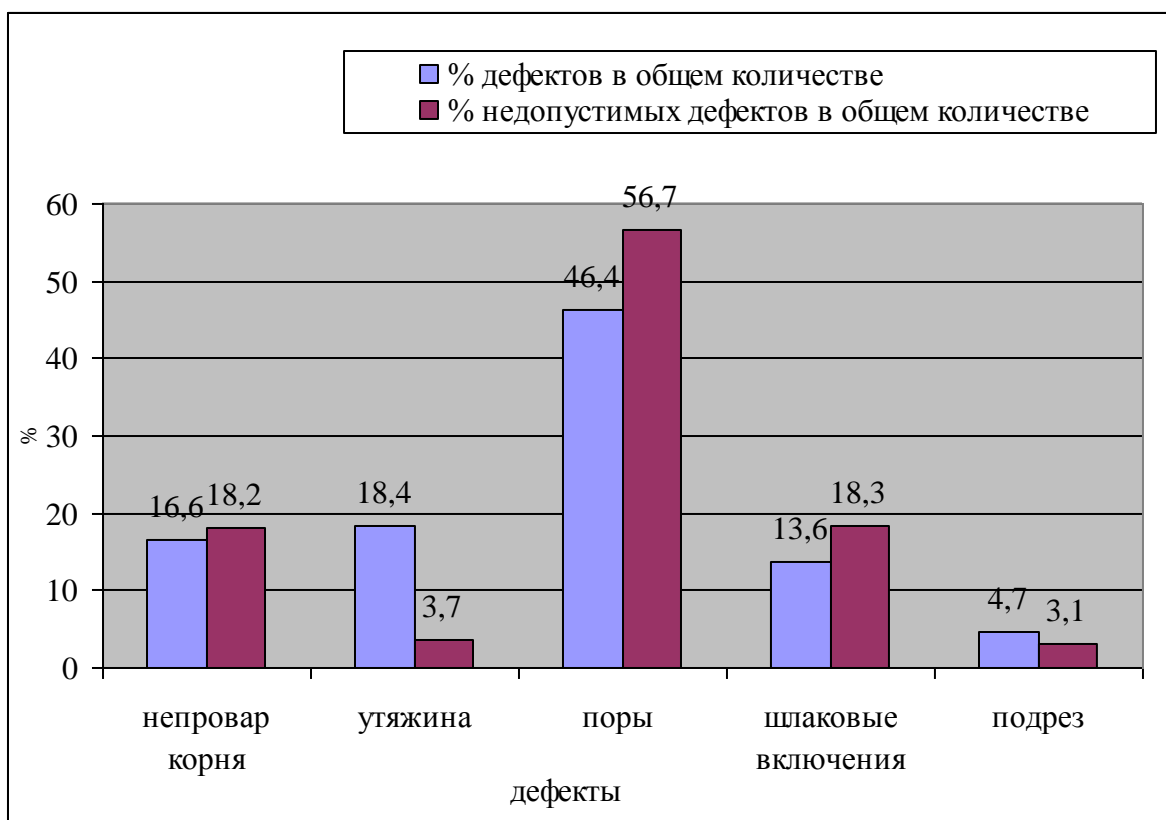


Рисунок 19 – Распределение дефектов по видам в зависимости от способа сварки РД

Рассматривая рисунок 19, мы видим, что наиболее часто встречающимся дефектом в сварных стыках являются поры, они же составляют наибольший процент в недопустимых, из-за которых стыки бракуются. Также большой процент недопустимых дефектов от общего количества занимают непровар корня и шлаковые включения.

Соответственно можно сделать вывод, что в рекомендациях по снижению дефектности при данном способе сварки, нужно обратить особое внимание на причины и условия образования этих трех видов дефектов.

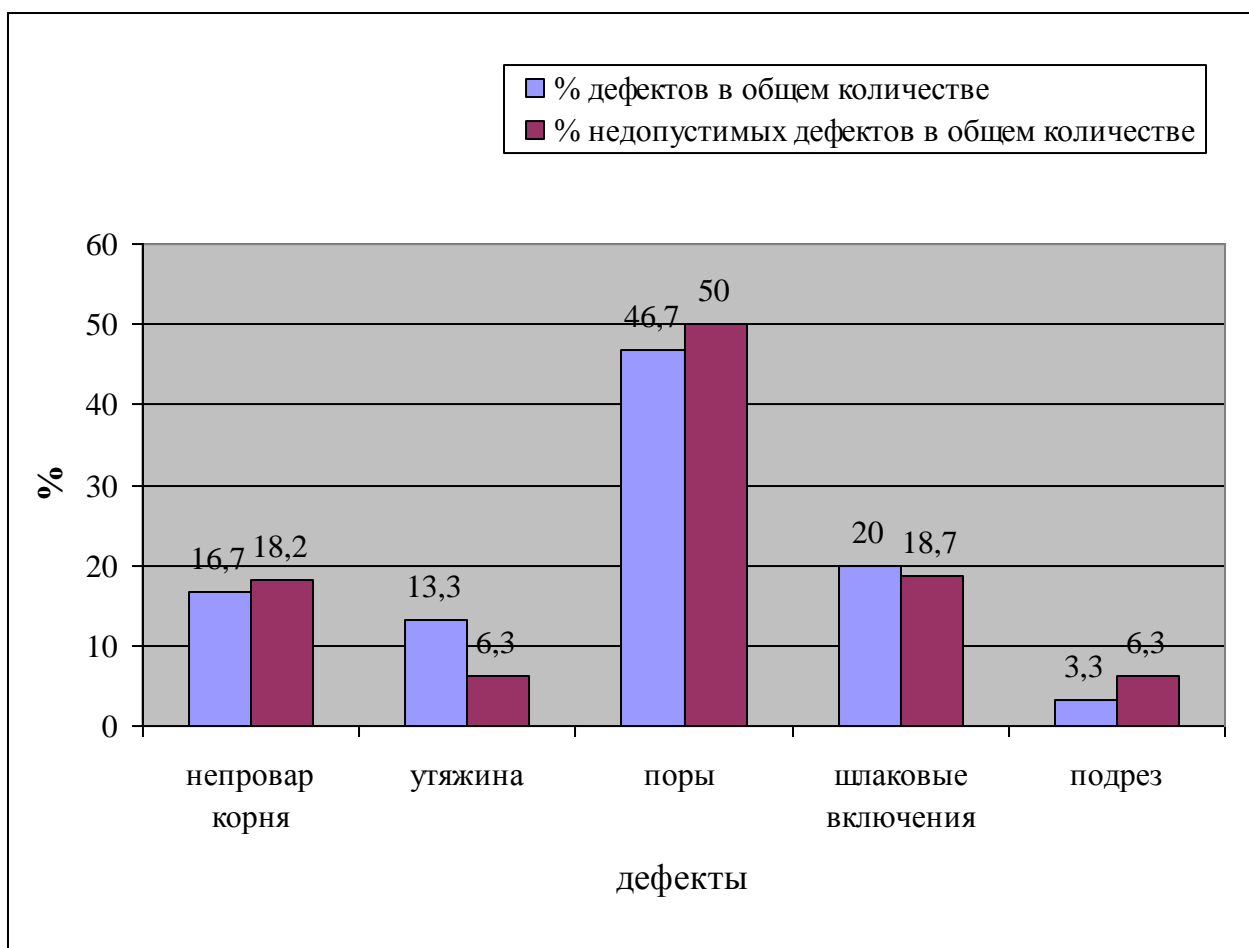


Рисунок 20 – Распределение дефектов по видам в зависимости от способа сварки Г

При рассмотрении рисунка 20, мы также как и в предыдущей диаграмме видим, что максимальный процент, 46,7% и 50%, как дефектов, в общем, так и недопустимых, приходится на поры образующихся в сварном соединении. На втором месте по процентам дефектов, около 20%, опять же, как и при сварке, способом РД, идут такие виды брака, как непровар корня и шлаковые соединения.

Рассмотрев оба графика по проценту дефектов образующихся при способах сварки РД и Г, заключаем, что основными видами как просто, так и недопустимых дефектов приводящих к браку в сварных соединениях являются поры, непровар корня и шлаковые включения.

3.4 Анализ уровня дефектности сварных соединений в зависимости от диаметра свариваемого трубопровода (по способам сварки)

Рассмотрим данные в зависимости от диаметра трубопровода. Данные приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Данные дефектов в зависимости от диаметра трубопровода

Способ сварки	Диаметр трубы, мм	Процент дефектных стыков	Коэффициент недопустимых дефектов	Средний процент стыков с недопустимыми дефектами	Доля отдельных видов дефектов (%) в их общем количестве			Распределение недопустимых дефектов (%) по их видам		
					Кол-во	Доля, %		Кол-во	Доля, %	
РД	До 100	48	0,6	28,8	непровар корня	7	18,9	непровар корня	7	32
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	7	18,9	утяжина	0	0
					поры	19	51,4	поры	13	59
					шлаковые включения	3	8,1	шлаковые включения	2	9
					смещение кромок	-	0	смещение кромок	0	0
					подрез	1	2,7	подрез	0	0
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	37	100	ИТОГО	22	100
РД	Св. 100 до 219	49	0,5	24,5	непровар корня	44	17,2	непровар корня	21	16,4
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	40	15,6	утяжина	4	3,1
					поры	119	46,5	поры	70	54,7
					шлаковые включения	41	16	шлаковые включения	28	21,9
					смещение кромок	-	0	смещение кромок	0	0
					подрез	12	4,7	подрез	5	3,9
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	256	100	ИТОГО	128	100
РД	Св. 219 до 530	63	0,29	18,3	непровар корня	5	11,1	непровар корня	3	23,1
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	14	31,1	утяжина	1	7,7
					поры	19	42,2	поры	8	61,5
					шлаковые включения	3	6,7	шлаковые включения	1	7,7
					смещение кромок	1	2,2	смещение кромок	0	0
					подрез	3	6,7	подрез	0	0
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	45	100	ИТОГО	13	100

Продолжение таблицы 29

Г	До 100	23	0,5	11,5	непровар корня	5	16,7	непровар корня	3	18,7
					несплавлени е по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	4	13,3	утяжина	1	6,3
					поры	14	46,7	поры	8	50
					шлаковые включения	6	20	шлаковые включения	3	18,7
					подрез	1	3,3	подрез	1	6,3
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	30	100	ИТОГО	16	100

На основании общего анализа данных дефектов в зависимости от диаметра трубопровода, построим график от общего количества дефектов и недопустимых дефектов по их видам в зависимости от способа сварки РД и Г рисунок 21 - 22. Также построим графики распределения % дефектов по виду сварки РД и Г в зависимости от диаметра трубопровода рисунок 21 – 24.

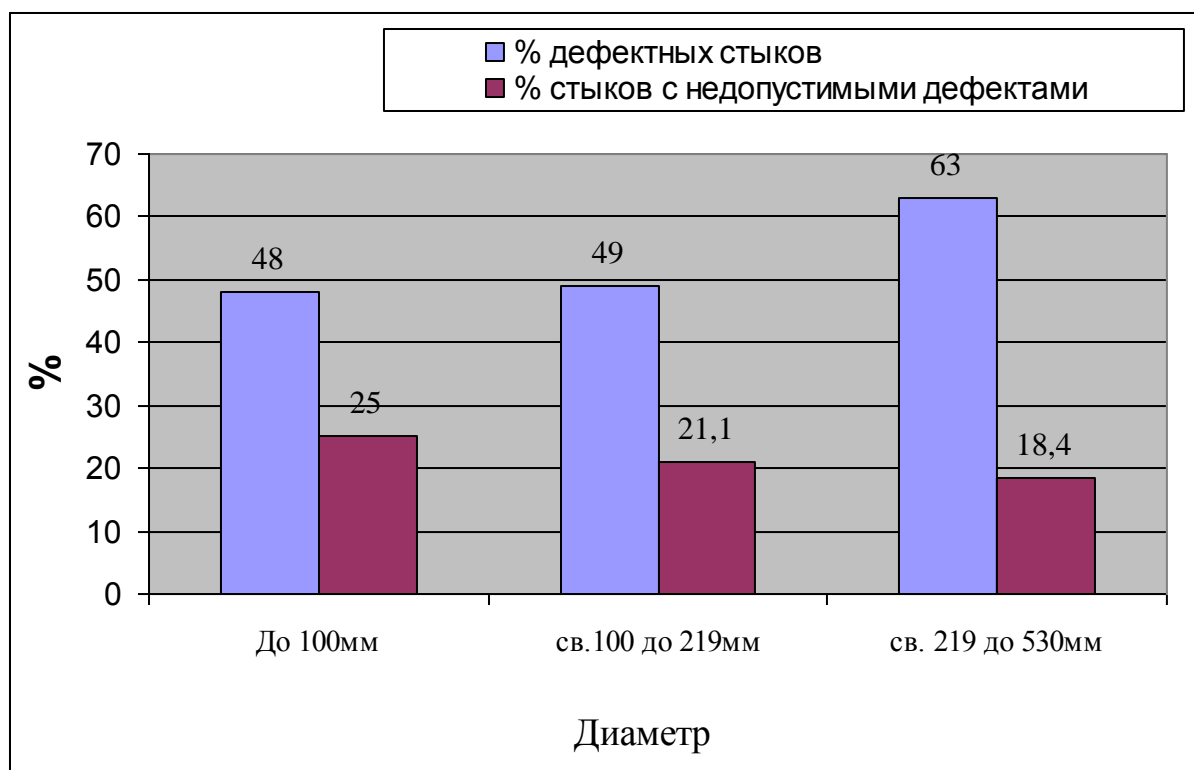


Рисунок 21 – Распределение % дефектов в зависимости от диаметра трубопровода способ РД

Анализируя рисунок 21, можно отметить, что наибольший процент дефектов приходится на трубопроводы больших диаметров, что хорошо согласовывается с теорией, так как трубы большого диаметра требуют очень тщательной подготовки для сварки. Однако процент стыков с недопустимыми дефектами показывает, что наибольшее число брака приходится на трубы диаметром до 100мм. Это можно объяснить тем, что сети газоснабжения и газораспределения в основном состоят из таких труб и на них приходится основное количество сварных соединений, которые выполняет менее квалифицированный персонал, из чего следует, что на его обучение следует обращать больше внимания.

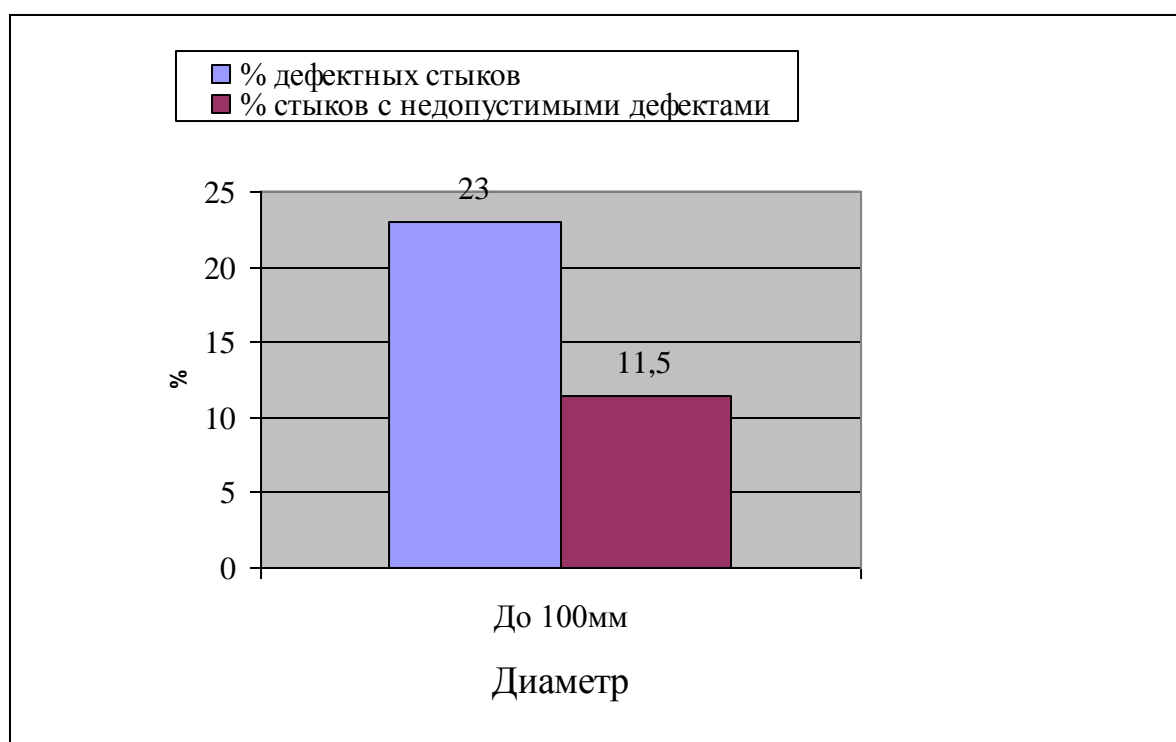


Рисунок 22 – Распределение % дефектов в зависимости от диаметра трубопровода способ Г

При рассмотрении рисунка 22, взяты только трубопроводы до 100мм, это обусловлено меньшим применением данного вида сварки. Поэтому этот график

мы можем сравнить, только с графиком способа РД с таким же видом диаметра. Из сравнения мы видим, что как процент дефектных стыков, так и процент стыков с недопустимыми дефектами при способе сварки Г значительно ниже, на 25% и 13,5% соответственно, что можно объяснить применением данного вида сварки более опытными сотрудниками.

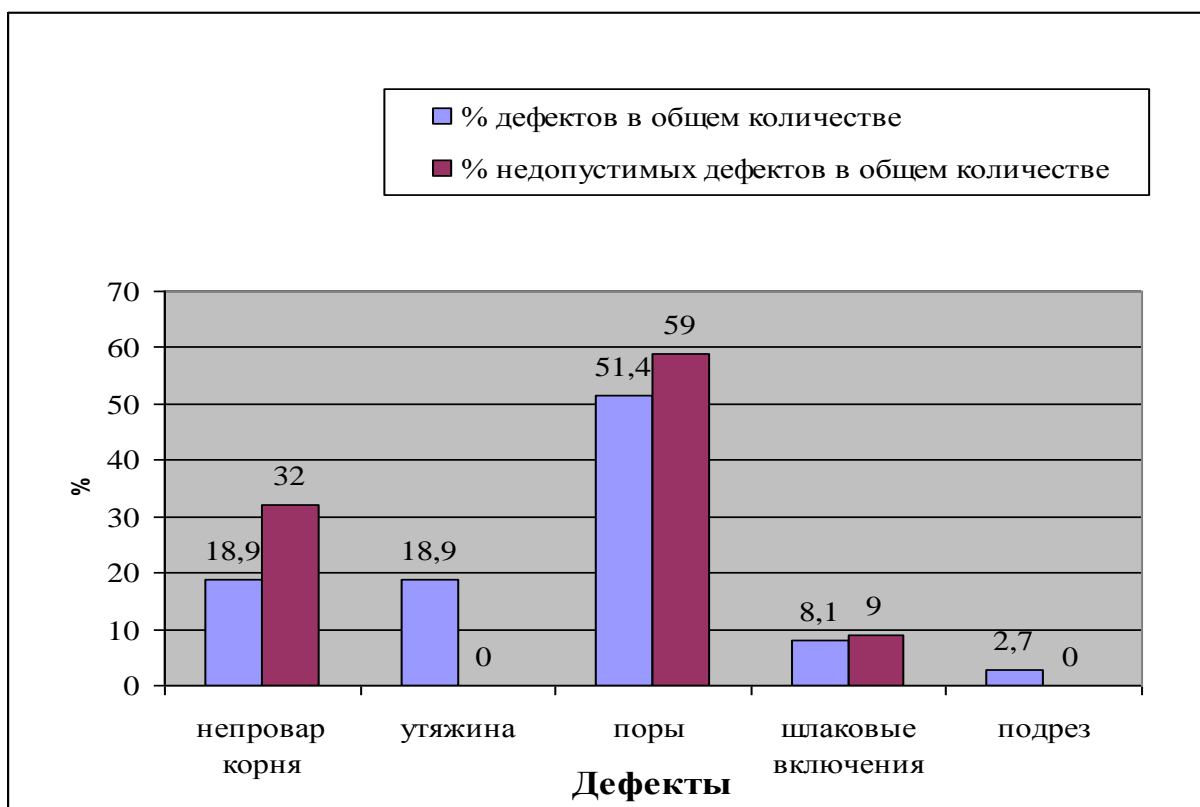


Рисунок 21 – Распределение % дефектов по виду способа РД диаметр трубы до 100мм

Для труб диаметром до 100мм рисунок 21 следующим после пор наиболее часто встречающимся дефектом является непровар корня, возникающий из-за неправильной подготовки сборки под сварку и технологических ошибок.

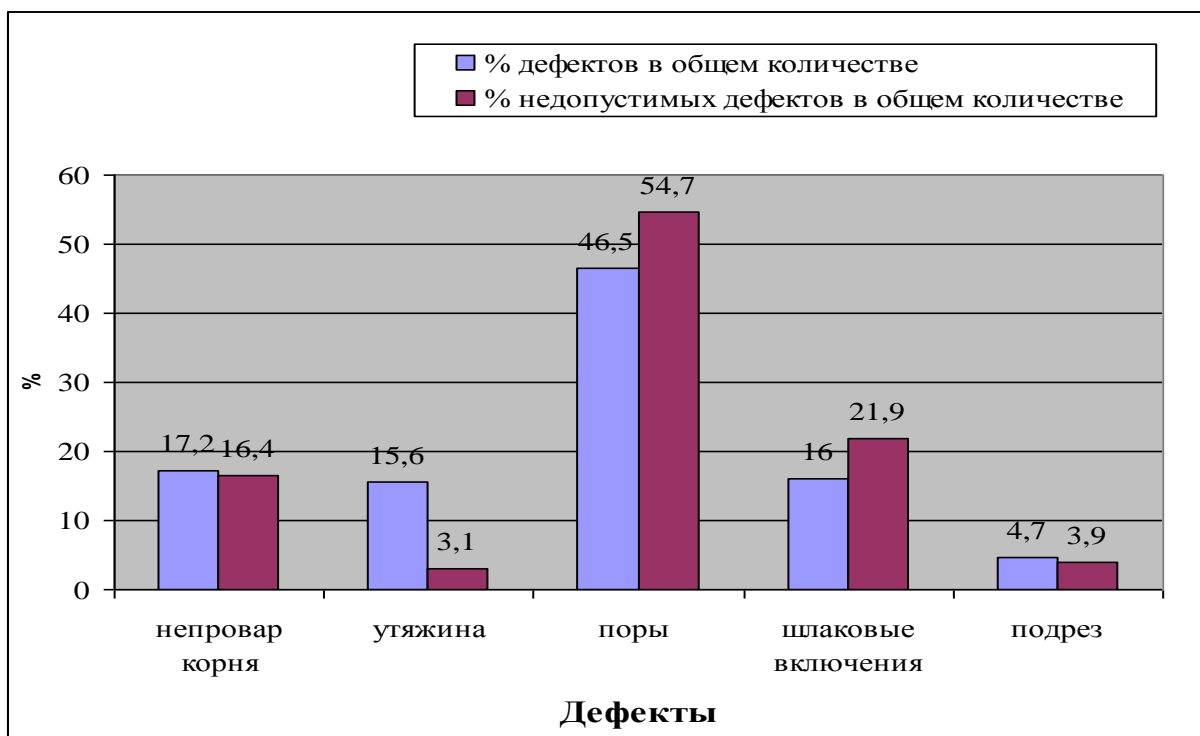


Рисунок 22 – Распределение % дефектов по виду способа РД диаметр трубы свыше 100мм до 219 мм

Для труб диаметром от 100 до 219мм рисунок 22 наиболее часто встречающимся дефектом после пор являются шлаковые включения, которые возникают, как правило, из-за нарушений технологии сварки.

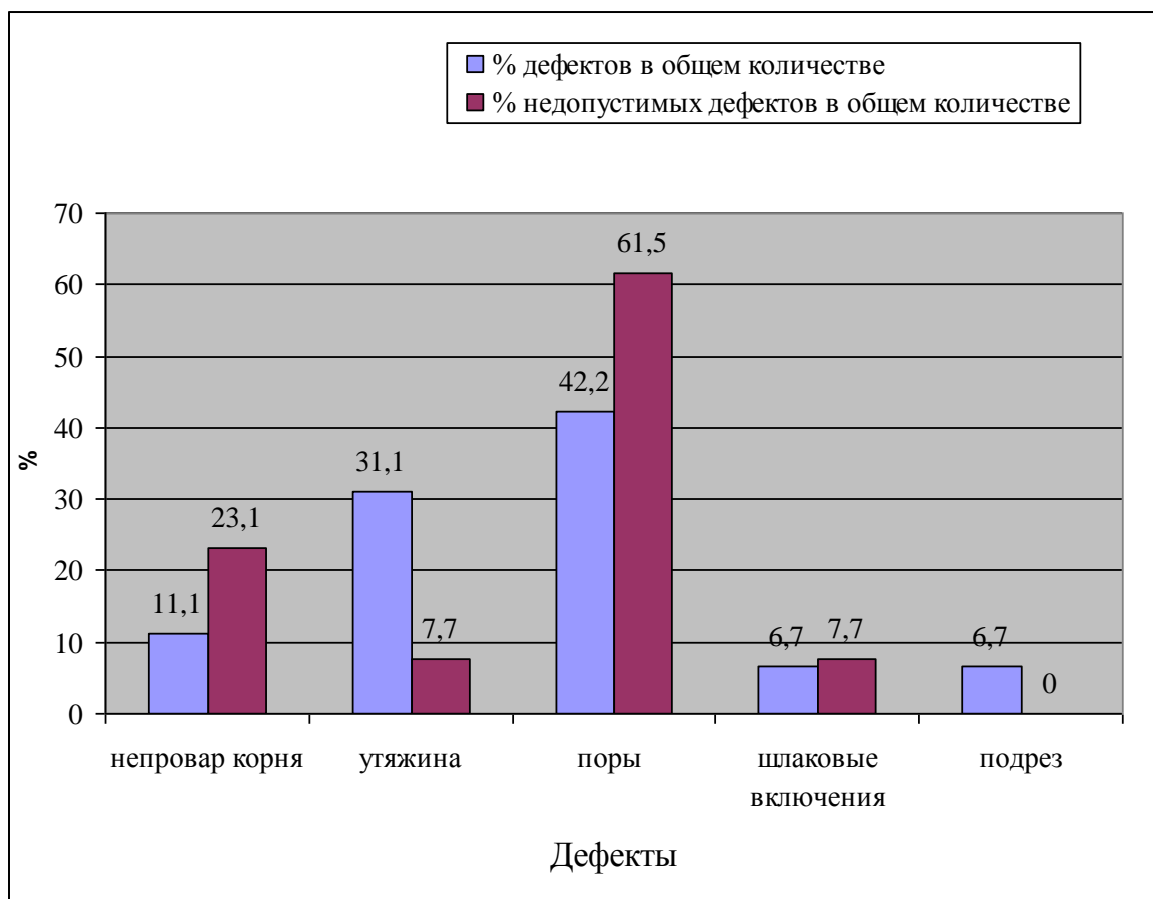


Рисунок 23 – Распределение % дефектов по виду способа РД диаметр трубы свыше 219 мм до 530 мм

Анализируя графики рисунков 21 - 23, мы видим, что прослеживается та же тенденция, которую мы наблюдали при рассмотрении рисунка 19. То есть основной процент недопустимых дефектов из общего количества составляют поры, около 50%, а на трубах большого диаметра более 61%, что объясняется необходимостью более тщательной подготовки труб больших диаметров для сварки.

Исходя из всего выше сказанного для уменьшения дефектности сварных соединений для всех трех групп по диаметру требуется улучшение качества сборки труб, а также совершенствование технологии сварки рабочими исполнителями.

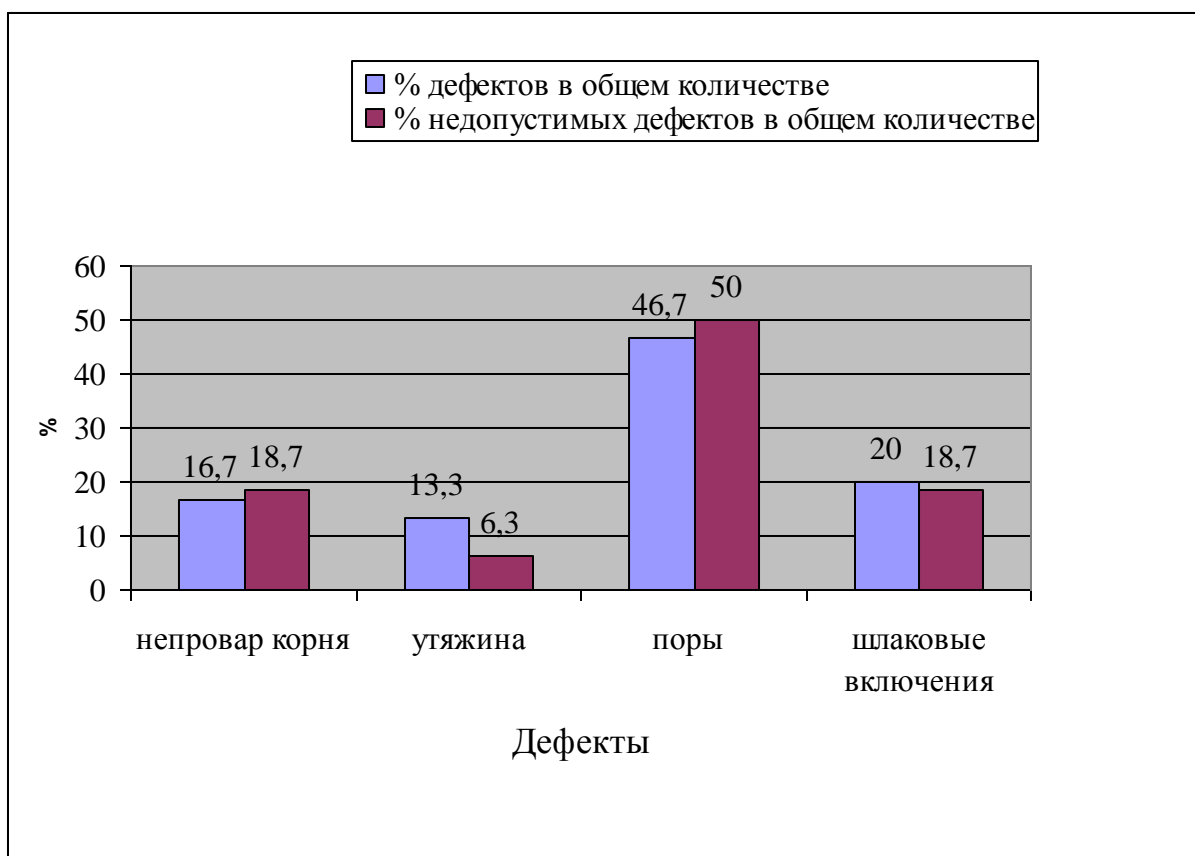


Рисунок 24 – Распределение % дефектов по виду способа Г
диаметр трубы до 100мм

Рассматривая диаграмму рисунка 24, мы наблюдаем схожую картину с предыдущими графиками для способа РД. Основной процент дефектов приходится на поры, затем следуют непровар корня и шлаковые включения. Соответственно для снижения уровня дефектности можно посоветовать те же действия: улучшение качества сборки и совершенствование технологии сварки.

3.5 Анализ уровня дефектности сварных соединений в зависимости от толщины свариваемого трубопровода (по способам сварки)

Рассмотрим данные в зависимости от толщины свариваемого трубопровода. Данные приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Данные дефектов в зависимости от толщины свариваемого трубопровода

Способ сварки	Диаметр трубы, мм	Процент дефектных стыков	Коэффициент недопустимых дефектов	Средний процент стыков с недопустимыми дефектами	Доля отдельных видов дефектов (%) в их общем кол-ве		Распределение недопустимых дефектов (%) по их видам			
					Кол-во	Доля, %	Кол-во	Доля, %	Доля, %	
РД	От 3 до 4	46,2	0,62	27,7	непровар корня	12	15,4	непровар корня	8	17
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	10	12,8	утяжина	0	0
					поры	46	59	поры	35	74,5
					шлаковые включения	6	7,7	шлаковые включения	3	6,4
					смещение кромок	-	0	смещение кромок	0	0
					подрез	4	5,1	подрез	1	2,1
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	78	100	ИТОГО	47	100
РД	Св. 4 до 6	50,8	0,47	23,9	непровар корня	44	17,7	непровар корня	22	19
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	44	17,7	утяжина	6	5,2
					поры	110	44,2	поры	57	49,1
					шлаковые включения	38	15,2	шлаковые включения	27	23,3
					смещение кромок	1	0,4	смещение кромок	0	0
					подрез	12	4,8	подрез	4	3,4
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	249	100	ИТОГО	116	100
РД	Св. 6 до 10	77,8	0	0	непровар корня	-	0	непровар корня	0	0
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	7	63,6	утяжина	0	0
					поры	2	18,2	поры	0	0
					шлаковые включения	2	18,2	шлаковые включения	0	0
					смещение кромок	-	0	смещение кромок	0	0
					подрез	-	0	подрез	0	0
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	11	100	ИТОГО	0	100

Продолжение таблицы 29

Г	Св. 3 до 5 вкл.	23,1	0,05	1,2	непровар корня	5	16,7	непровар корня	3	18,7
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	4	13,3	утяжина	1	6,3
					поры	14	46,7	поры	8	50
					шлаковые включения	6	20	шлаковые включения	3	18,7
					подрез	1	3,3	подрез	1	6,3
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	30	100	ИТОГО	16	100

На основании общего анализа данных дефектов в зависимости от толщины свариваемого трубопровода, построим график от общего количества дефектов и недопустимых дефектов по их видам в зависимости от способа сварки РД и Г рисунок 25 - 26. Также построим графики распределения % дефектов по виду сварки РД и Г в зависимости от толщины стенки трубопровода рисунок 27 – 30.

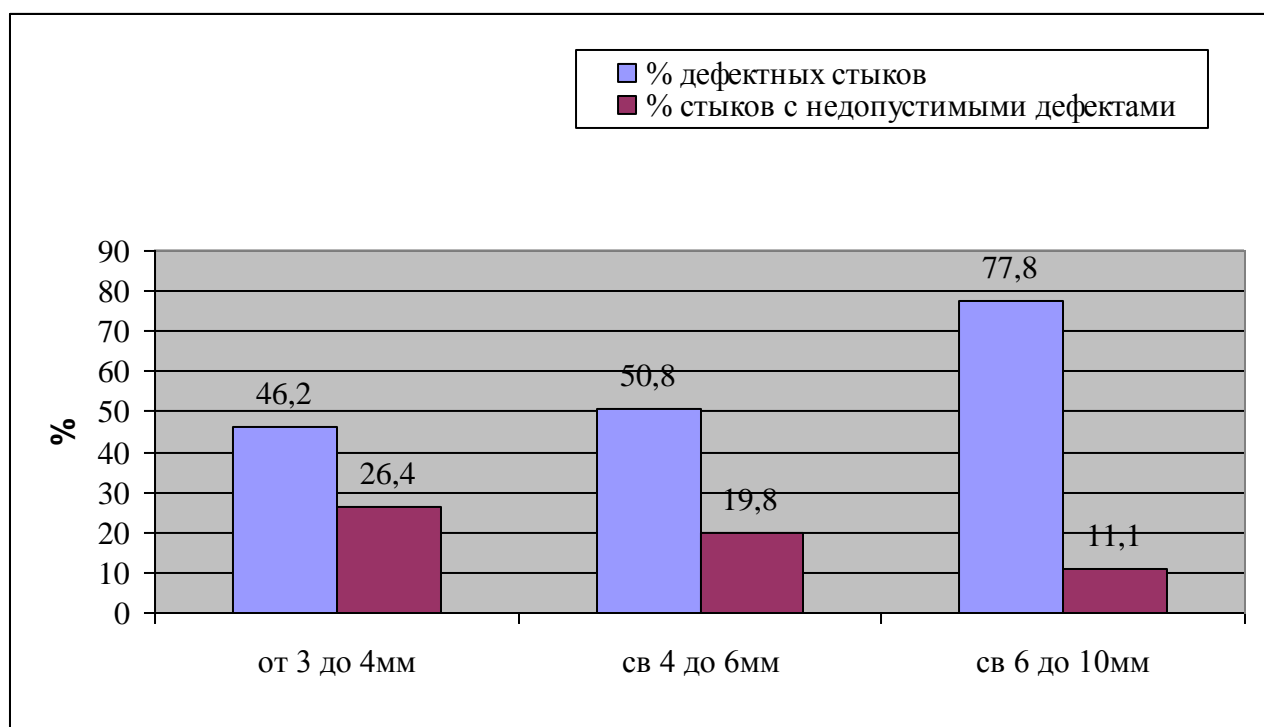


Рисунок 25 – Распределение % дефектов в зависимости от толщины стенки способ РД

Проводя анализ графика процентов дефектных стыков в зависимости от толщины стенки трубопровода рисунок 25, нужно принять во внимание, что толщина и диаметр трубопроводов величины взаимосвязанные, поэтому на данном графике мы видим практически тоже, что и характерно для трех групп диаметров. То есть наибольший процент дефектных стыков, 77,8%, приходится на толщину стенки от 6 до 10мм, которые соответствуют трубам Φ 219-530мм, что объясняется сложностью подготовки сварных соединений для сварки. Однако наибольший процент недопустимых соединений, 26,4%, то есть брака приходится на стенки 3-4мм, которые соответствуют трубам диаметром до 100мм. И вероятнее всего одной из причин данной проблемы тоже является работа на данных трубопроводах менее опытного персонала.

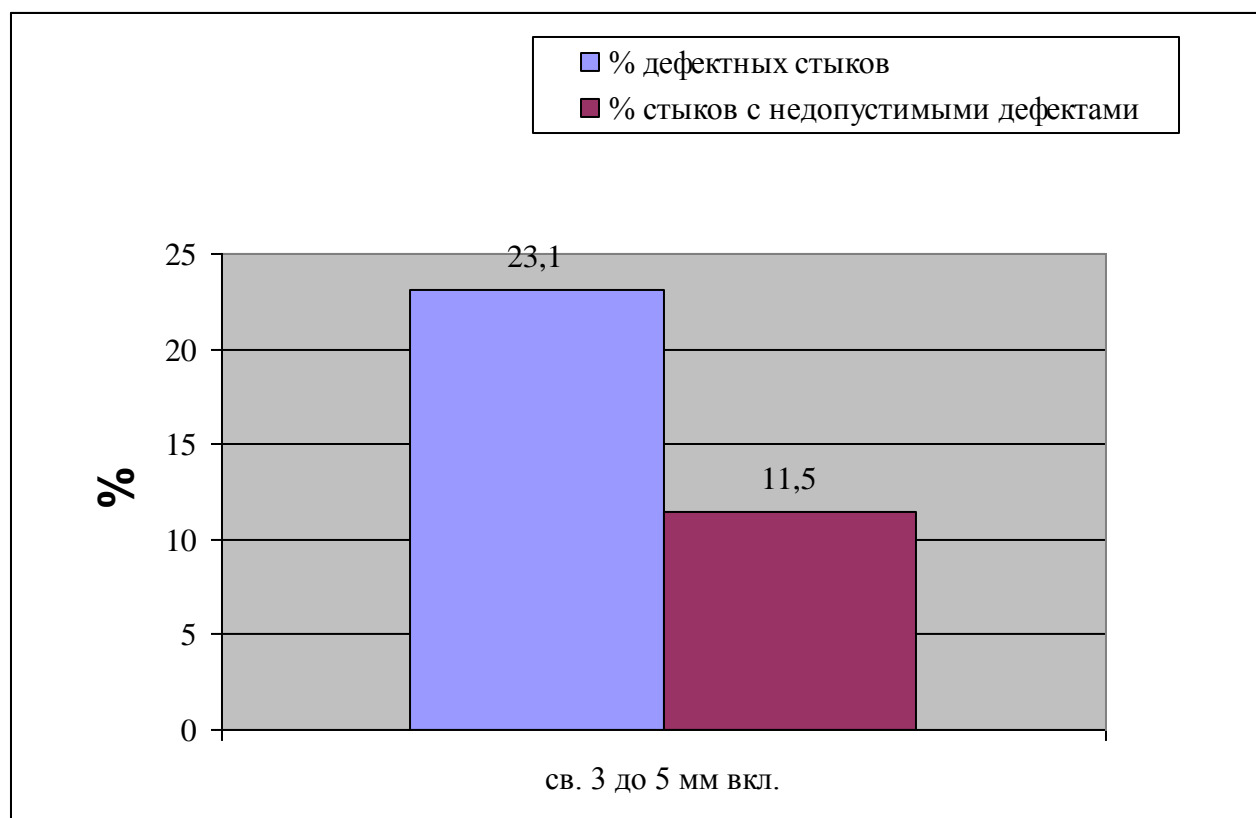


Рисунок 26 – Распределение % дефектов в зависимости от толщины стенки способ Г

При рассмотрении диаграммы рисунок 26, рассматриваются толщины одного диапазона от 3 до 5мм, данные толщины стенки относятся к трубам диаметром до 100мм. Поэтому проценты дефектных стыков практически совпадают. Также если сравнивать проценты дефектов между способами сварки РД и Г стенок 4-6мм и 3-5мм мы видим при сварке способом Г значительное снижение на 23,1% дефектных стыков и на 11,5% стыков с недопустимыми дефектами. Что объясняется выполнением сварочных работ данным способом более опытными работниками, а также более редким использованием в процессе выполнения работ.

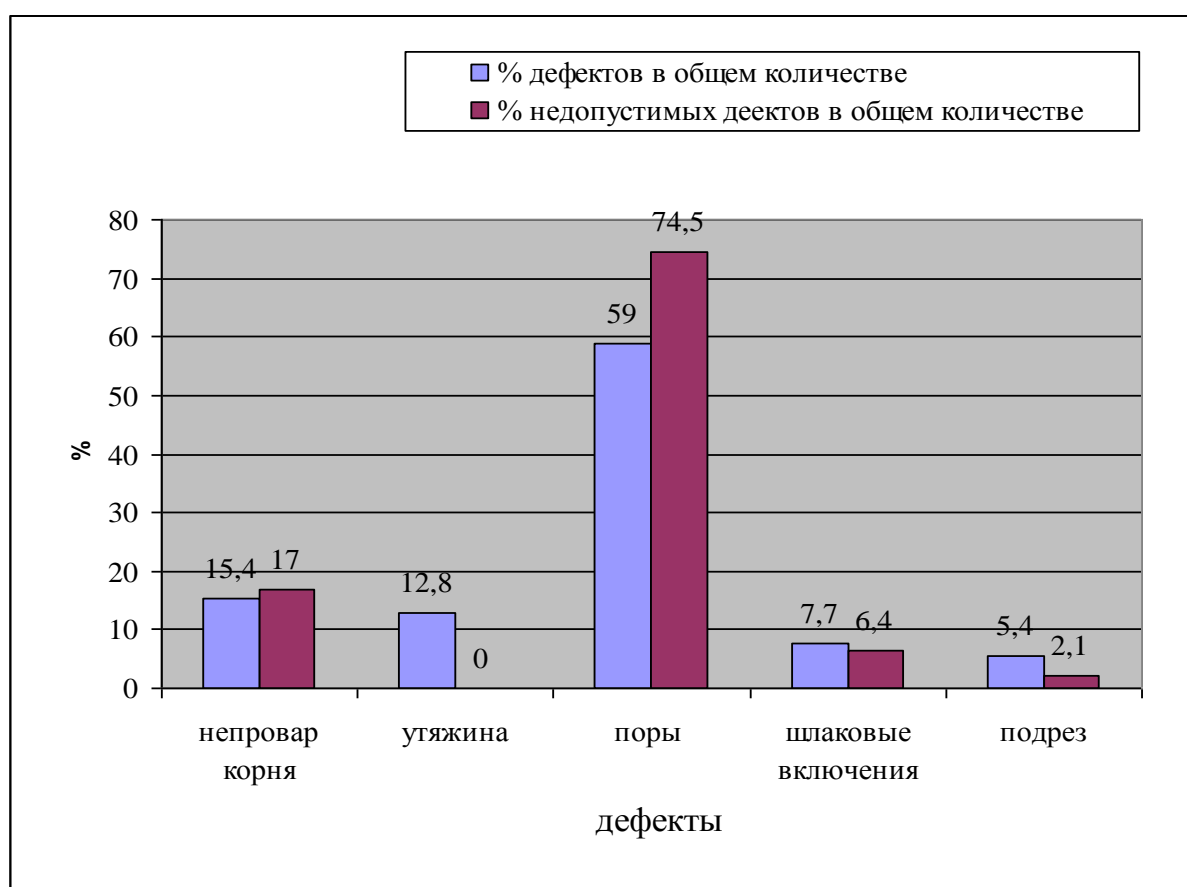


Рисунок 27 – Распределение % дефектов способ РД толщиной стенки от 3 мм до 4 мм

При рассмотрении рисунка 27 мы видим, что наибольший процент недопустимых дефектов, а именно пор, 74,5%, приходится на трубы с толщинами от 3 до 4мм, что связано с причинами указанными в таблице 29 в графе поры.

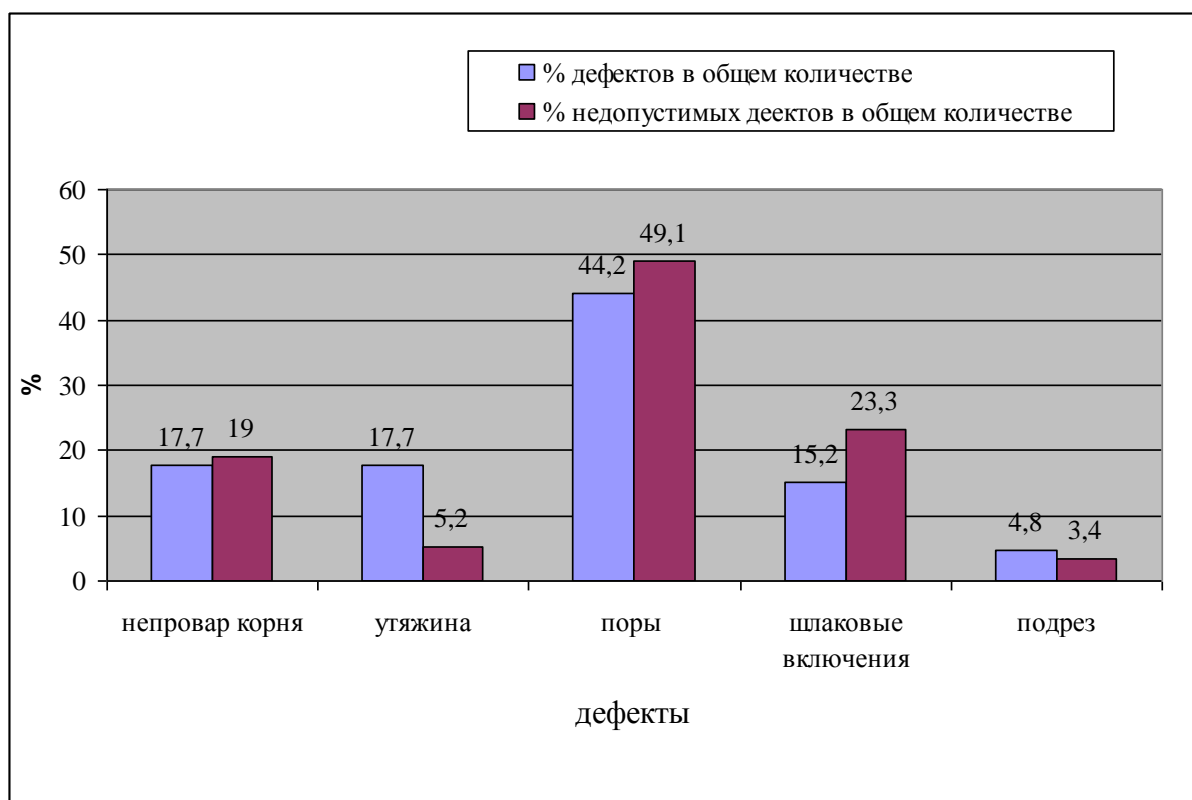


Рисунок 28 – Распределение % дефектов способ РД толщиной стенки от 4 мм до 6 мм

Анализируя рисунок 28, для труб со стенками от 4 до 6мм характерно более равномерное распределение по видам дефектов среди общего количества, что говорит о том, что здесь присутствуют практически все неблагоприятные факторы указанные нами в таблице причин образования дефектов.

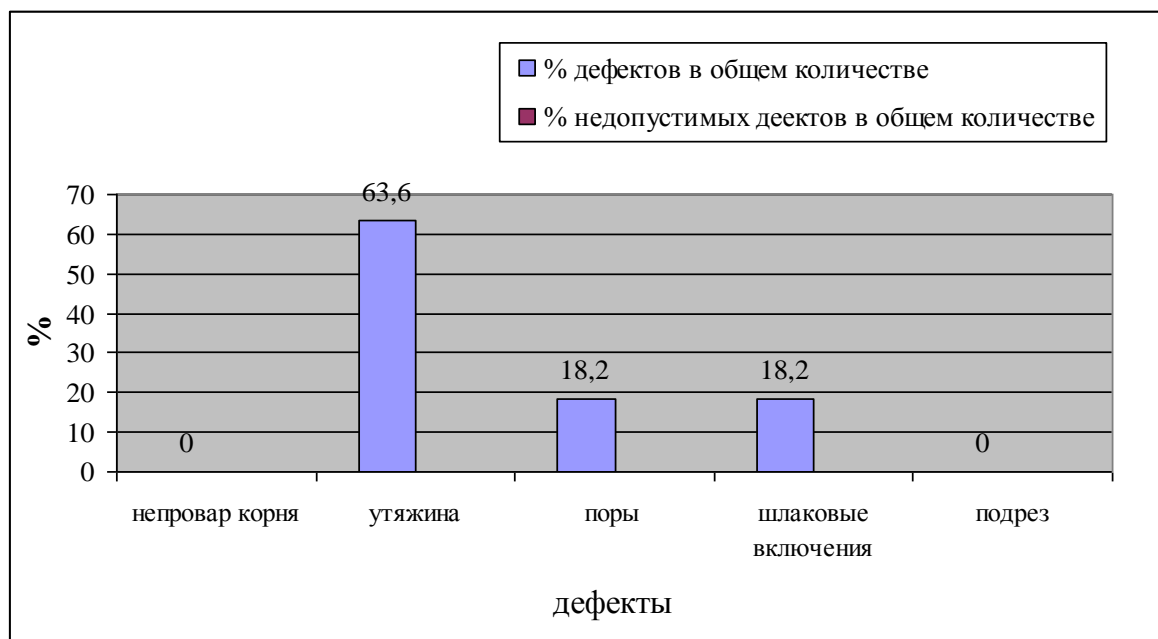


Рисунок 29 – Распределение % дефектов способ РД толщиной стенки от 6 мм до 10 мм

Для труб со стенками от 6 до 10мм отсутствуют показания недопустимых дефектов, то есть брака. Вероятно, это связано с их немногочисленностью и выполнением данных сварных соединений наиболее квалифицированными специалистами.

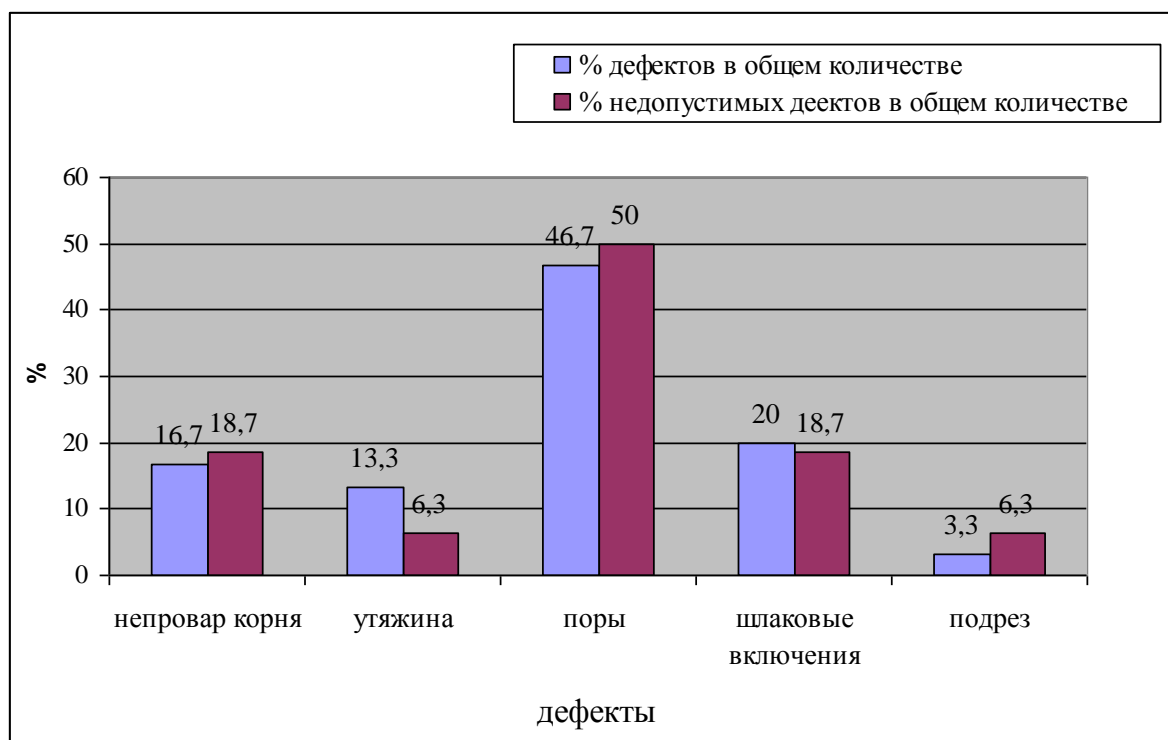


Рисунок 30 - Распределение % дефектов способ Г толщиной стенки от 3 мм до 5 мм

На рисунке 30 наблюдается картина схожая с рисунком 27 сваренных способом РД толщиной стенки 3-4мм, основной процент дефектов составляют поры, затем идут непровар корня и шлаковые включения. Что, скорее всего связано с аналогичными причинами образования дефектов, и поэтому можно рекомендовать такие же действия для уменьшения дефектности

3.6 Анализ уровня дефектности сварных соединений в зависимости от условий прокладки трубопровода (по способам сварки)

Рассмотрим данные в зависимости от условий прокладки трубопровода. Данные приведены в таблице 30.

Таблица 30 – Данные дефектов в зависимости от условий прокладки трубопровода

Способ сварки	Диаметр трубы, мм	Процент дефектных стыков	Коэффициент недопустимых дефектов	Средний процент стыков с недопустимыми дефектами	Доля отдельных видов дефектов (%) в их общем кол-ве		Распределение недопустимых дефектов (%) по их видам			
						Кол-во	Доля, %		Кол-во	Доля, %
РД	Наружный	48,3	0,4	19,3	непровар корня	27	14,6	непровар корня	14	17,5
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	34	18,4	утяжина	4	5
					поры	82	44,3	поры	41	51,2
					шлаковые включения	31	16,8	шлаковые включения	17	21,3
					смещение кромок	1	0,5	смещение кромок	0	0
					подрез	10	5,4	подрез	4	5
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	185	100	ИТОГО	80	100
РД	Внутренний	52,9	0,5	26,5	непровар корня	29	19	непровар корня	17	20,5
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	27	17,6	утяжина	2	2,4
					поры	76	49,7	поры	50	60,2
					шлаковые включения	15	9,8	шлаковые включения	13	15,7
					смещение кромок	-	0	смещение кромок	0	0
					подрез	6	3,9	подрез	1	1,2
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	153	100	ИТОГО	83	100
Г	Наружный	19,4	0,3	5,8	непровар корня	2	15,4	непровар корня	0	0
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	2	15,4	утяжина	0	0
					поры	7	53,8	поры	2	50
					шлаковые включения	2	15,4	шлаковые включения	2	50
					смещение кромок	-	0	смещение кромок	0	0
					подрез	-	0	подрез	0	0
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	13	100	ИТОГО	4	100

Продолжение таблицы 30

Г	Внутр енний	28,6	0,7	20	непровар корня	3	17,6	непровар корня	3	25
					несплавлени е по кромкам	-	0	несплавлен ие по кромкам	0	0
					утяжина	2	11,8	утяжина	1	8,4
					поры	7	41,2	поры	6	50
					шлаковые включения	4	23,5	шлаковые включения	1	8,3
					подрез	1	5,9	подрез	1	8,3
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	17	100	ИТОГО	12	100

На основании общего анализа данных дефектов в зависимости от условий прокладки трубопровода, построим график от общего количества дефектов и недопустимых дефектов по их видам в зависимости от способа сварки РД и Г рисунок 31 - 32. Также построим графики распределения % дефектов по виду сварки РД и Г в зависимости от условий прокладки трубопровода рисунок 33 – 36.

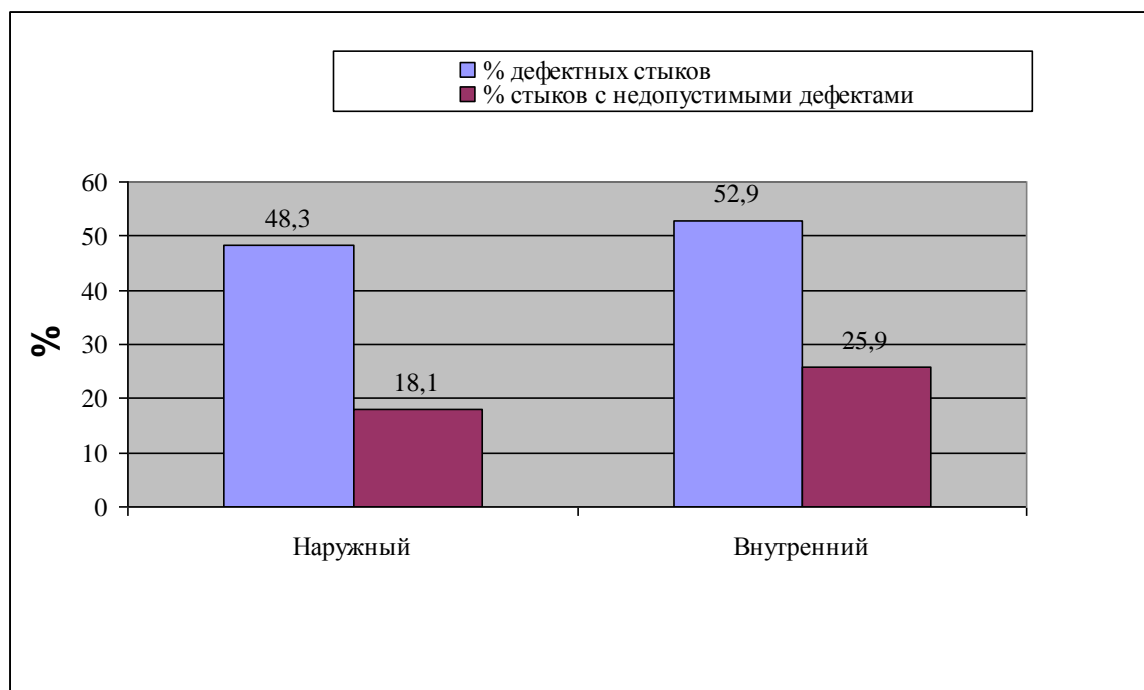


Рисунок 31 – Распределение % дефектных стыков в зависимости от условий прокладки способ РД

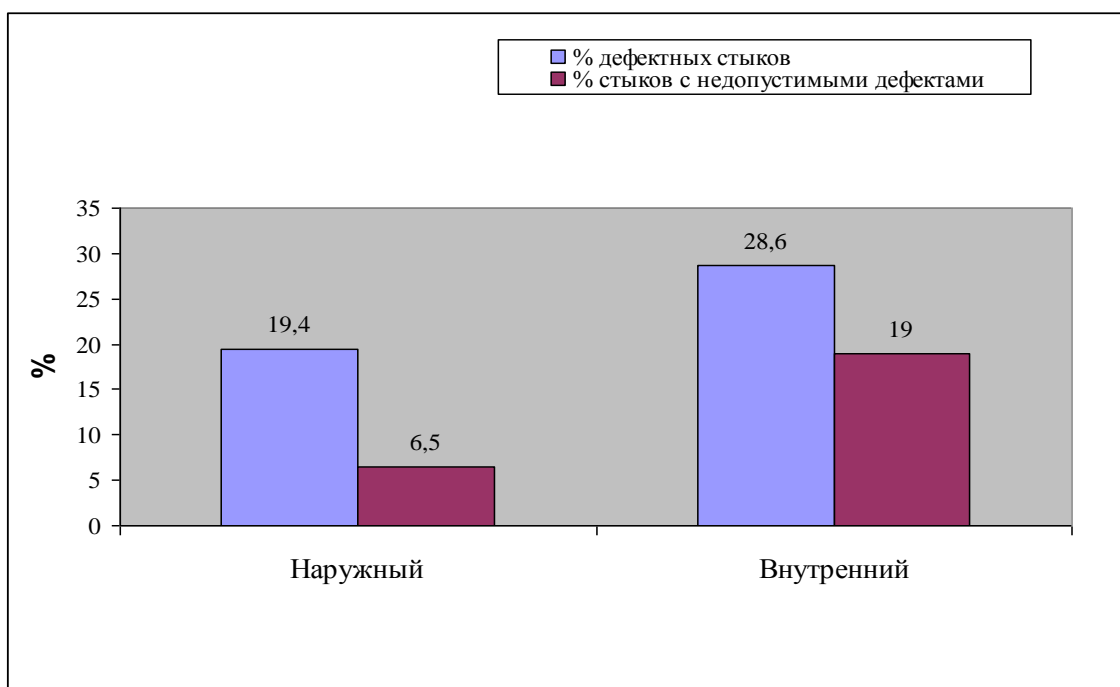


Рисунок 32 – Распределение % дефектных стыков в зависимости от условий прокладки способ Г

Изучая рисунке 31 и рисунке 32 процент дефектных стыков в зависимости от условий прокладки трубопроводов, мы видим, что при обоих исследуемых нами способах сварки РД и Г наибольший процент как просто стыков с дефектами, 53% и 29% соответственно, так и процент стыков с недопустимыми дефектами, то есть с браком, 26% и 19% соответственно, наблюдается при условии внутренней прокладки трубопровода. Что можно объяснить более неудобным расположением свариваемых деталей, стесненностью рабочего пространства и боле сложными условиями подготовки свариваемых деталей.

Если сравнивать между собой процент дефектности стыков в зависимости от условий прокладки и проведением сварочных работ разными способами, то мы видим что при способе сварки Г процент дефектности стыков и недопустимых дефектов значительно, ниже на 24% и на 7% соответственно, что прослеживается и в предыдущих диаграммах, построенных по различным критериям.

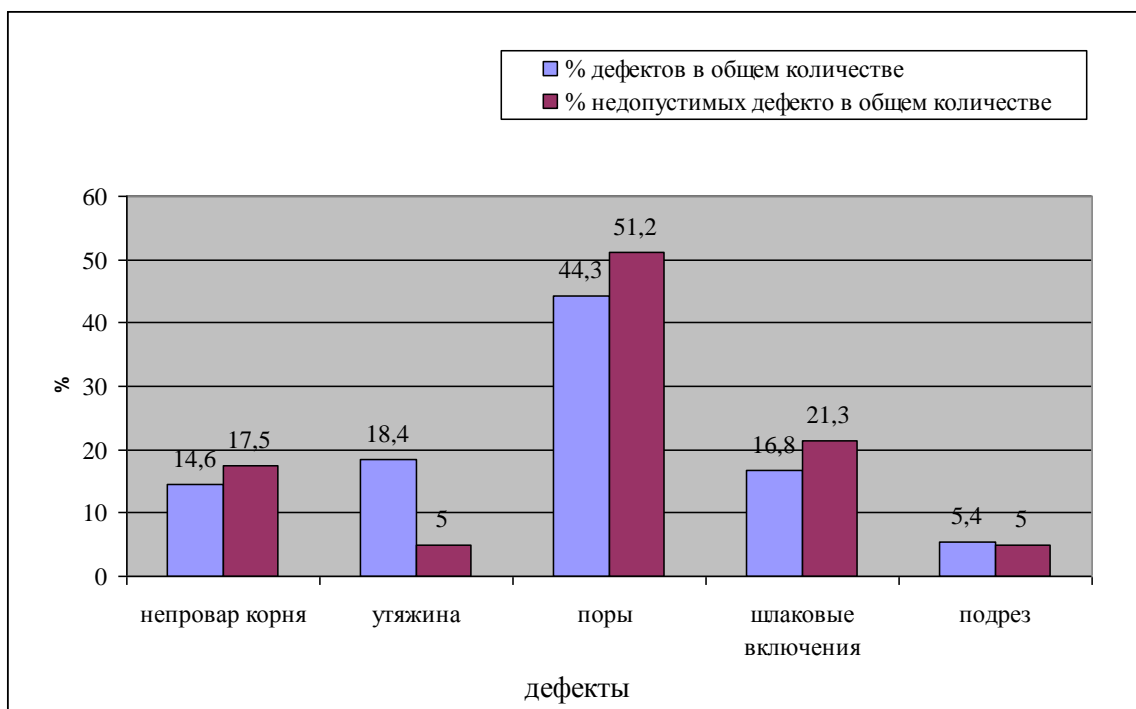


Рисунок 33 – Распределение % дефектов в зависимости от условий прокладки способ РД наружный

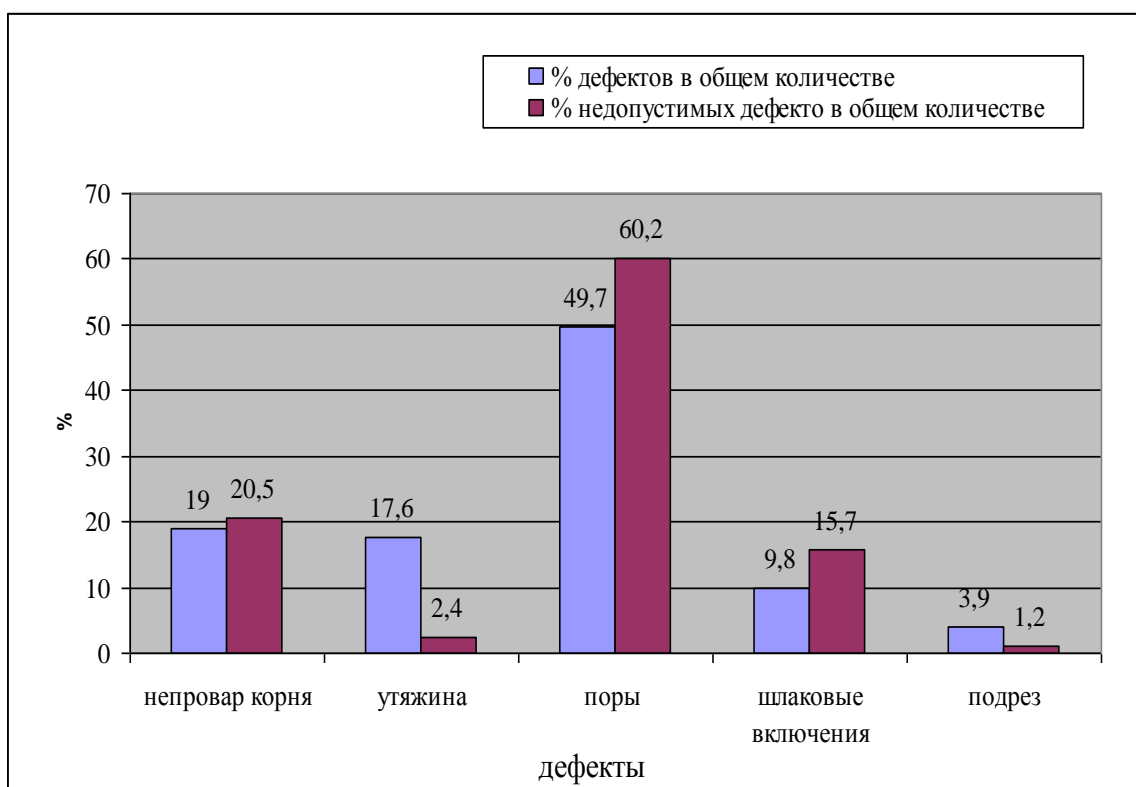


Рисунок 34 – Распределение % дефектов в зависимости от условий прокладки способ РД внутренний

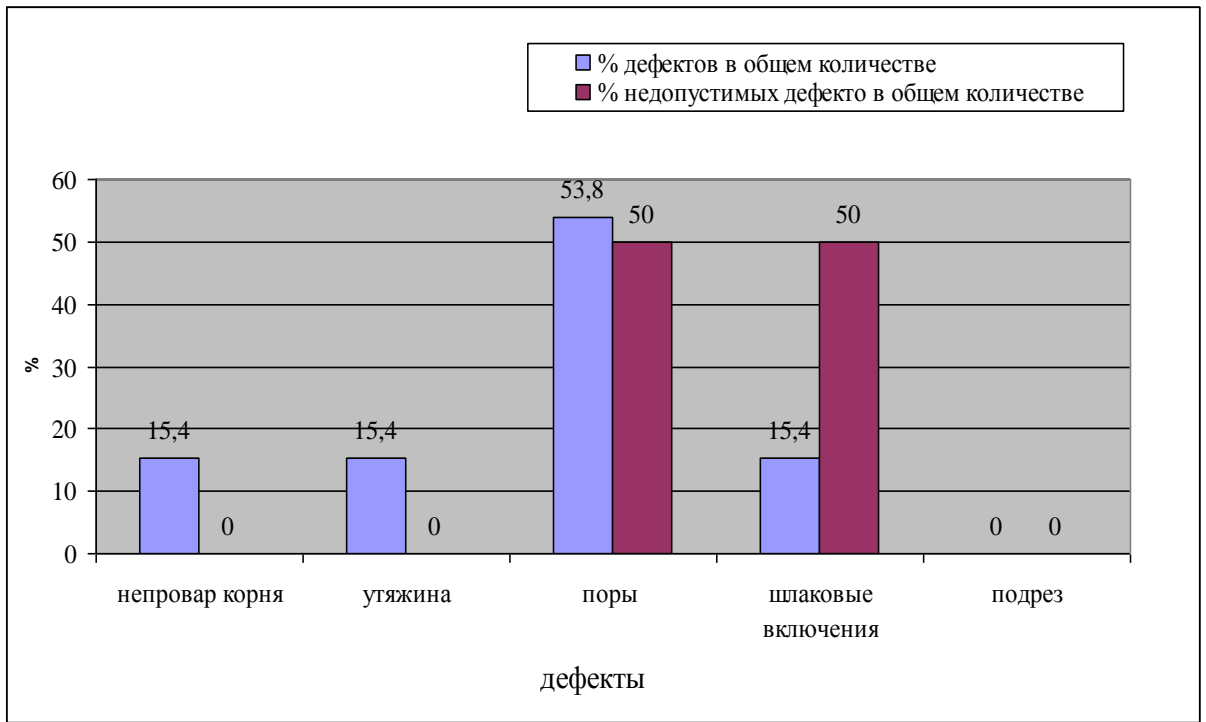


Рисунок 35 – Распределение % дефектов в зависимости от условий прокладки способ Г наружный

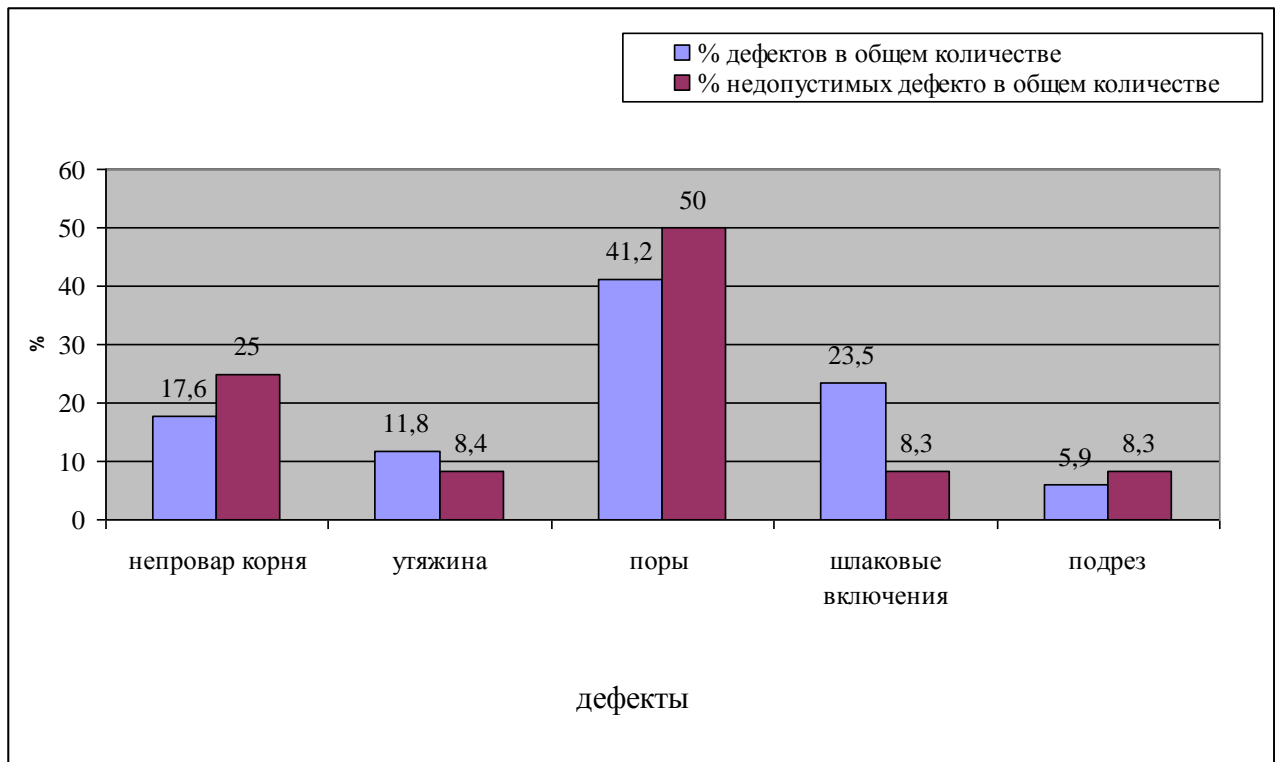


Рисунок 36 – Распределение % дефектов в зависимости от условий прокладки способ Г внутренний

При анализе рисунков 33 - 36 мы видим, что при распределении дефектов по видам в зависимости от вида прокладки трубопровода, как и при двух предыдущих факторах, диаметр и толщина, основной процент составляют поры и для уменьшения их образования необходимо сводить к минимуму влияния факторов указанных в нашей таблице. То есть улучшать качество подготовки свариваемых материалов и не допускать нарушений технологии сварки.

3.7 Анализ уровня дефектности сварных соединений в зависимости от возраста электрогазосварщика (по способам сварки)

Рассмотрим данные в зависимости от возраста электрогазосварщика. Данные приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Данные дефектов в зависимости от возраста электрогазосварщика

Способ сварки	Диаметр трубы, мм	Процент дефектных стыков	Коэффициент недопустимых дефектов	Средний процент стыков с недопустимыми дефектами	Доля отдельных видов дефектов (%) в их общем кол-ве			Распределение недопустимых дефектов (%) по их видам		
						Кол-во	Доля, %		Кол-во	Доля, %
РД	Сварщик 1 30-40 лет	43,8	0,4	17,5	непровар корня	9	23,1	непровар корня	6	40
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	6	15,4	утяжина	0	0
					поры	18	46,2	поры	8	53,3
					шлаковые включения	2	5,1	шлаковые включения	1	6,7
					смещение кромок	1	2,6	смещение кромок	0	0
					подрез	3	7,6	подрез	0	0
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	39	100	ИТОГО	15	100
РД	Сварщик 2 40-50 лет	60	0,57	34,2	непровар корня	5	11,9	непровар корня	1	4,2
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	3	7,1	утяжина	2	8,3
					поры	26	61,9	поры	18	75
					шлаковые включения	3	7,2	шлаковые включения	1	4,2
					смещение кромок	-	0	смещение кромок	0	0
					подрез	5	11,9	подрез	2	8,3
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	42	100	ИТОГО	24	100

Продолжение таблицы 31

РД	Сварщик 3 50-60 лет	45,9	0,4	18,4	непровар корня	24	16,4	непровар корня	11	17,7
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	35	24	утяжина	2	3,2
					поры	76	52,1	поры	44	71
					шлаковые включения	10	6,8	шлаковые включения	5	8,1
					смещение кромок	-	0	смещение кромок	0	0
					подрез	1	0,7	подрез	0	0
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	146	100	ИТОГО	62	100
РД	Сварщик 4 60-70 лет	59,4	0,6	35,6	непровар корня	18	16,2	непровар корня	12	19,4
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	17	15,3	утяжина	3	4,8
					поры	39	35,2	поры	22	35,5
					шлаковые включения	30	27	шлаковые включения	22	35,5
					подрез	7	6,3	подрез	3	4,8
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	111	100	ИТОГО	62	100
					Г	Сварщик 1 30-40 лет	29,6	0	0	непровар корня
несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0						0
утяжина	2	18,2	утяжина	1						12,5
поры	6	54,5	поры	5						62,5
шлаковые включения	-	0	шлаковые включения	0						0
подрез	1	9,1	подрез	1						12,5
трещина	-	0	трещина	0						0
прожог	-	0	прожог	0						0
ИТОГО	11	100	ИТОГО	8						100
Г	Сварщик 2 40-50 лет	25	0	0						непровар корня
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	2	33,3	утяжина	0	0
					поры	1	16,7	поры	0	0
					шлаковые включения	3	50	шлаковые включения	0	0
					подрез	-	0	подрез	0	0
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	6	100	ИТОГО	0	0

Продолжение таблицы 31

Г	Сварщик 3 50-60 лет	21,9	0	0	непровар корня	3	33,3	непровар корня	2	33,3
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	-	0	утяжина	0	0
					поры	5	55,6	поры	3	50
					шлаковые включения	1	11,1	шлаковые включения	1	16,7
					подрез	-	0	подрез	0	0
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	9	100	ИТОГО	6	0
Г	Сварщик 4 60-70 лет	16	0,5	8	непровар корня	-	0	непровар корня	6	0
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	-	0	утяжина	0	0
					поры	2	50	поры	0	0
					шлаковые включения	2	50	шлаковые включения	0	0
					подрез	-	0	подрез	0	0
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	4	100	ИТОГО	0	0

На основании общего анализа данных дефектов в зависимости от возраста электрогазосварщика, построим график от общего количества дефектов и недопустимых дефектов по их видам в зависимости от способа сварки РД и Г рисунок 37 - 38. Также построим графики распределения % дефектов по виду сварки РД и Г в зависимости от возраста электрогазосварщика рисунок 39 – 46

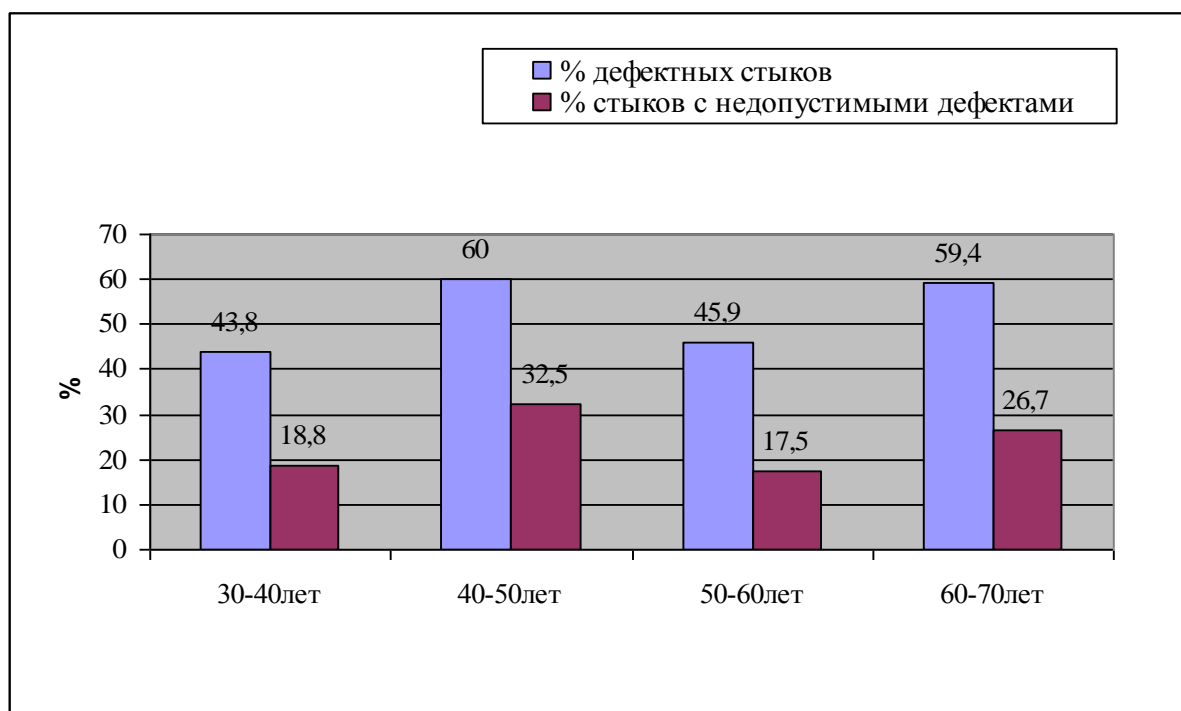


Рисунок 37 – Распределение % дефектных стыков в зависимости от возраста сварщика способ РД

При рассмотрении графика процента дефектности стыков в зависимости от возраста сварщика способом РД рисунок 37, необходимо рассмотреть психологический аспект влияния на выполнение сварщиками различных возрастных групп своей работы. Из диаграммы мы видим, что наибольший процент дефектных и бракованных стыков приходится на возрастные группы 40-50 лет и 60-70 лет, при том оба показателя выше у первой группы 60% и 32,5%. И если большой процент дефектных и бракованных стыков, 59,4% и 26,7% соответственно, сваренных сварщиками возрастной группы 60-70 лет можно объяснить предпенсионным возрастом и общей «усталостью» человека, то еще более высокие показатели по дефектности стыков группы 40-50 лет, скорее всего, объясняются тем, что сварщики в данном возрасте, достаточно опытные, перестают хотеть осваивать новые и совершенствовать изученные методы сварки. Также у многих людей данного возраста пропадает желание карьерного роста, они менее ответственно начинают подходить к своим обязанностям.

Что касается двух других групп, то группа 30-40 лет это молодые специалисты, хорошо обученные осваивающие все нововведения в области их работы и стремящиеся как можно лучше ее выполнять для дальнейшего развития в карьере и профессии, а люди возраста 50-60 лет держаться за свою работу стараясь допустить как можно меньше ошибок при ее выполнении пусть и с меньшей производительностью.

Можно сделать вывод, что для снижения уровня дефектности сварных стыков особое внимание необходимо уделять сотрудникам от 40 до 50 лет чаще проводя с ними курсы повышения квалификации и другие виды работ направленных на их обучение и мотивирование более тщательно выполнять свои функции на предприятии.

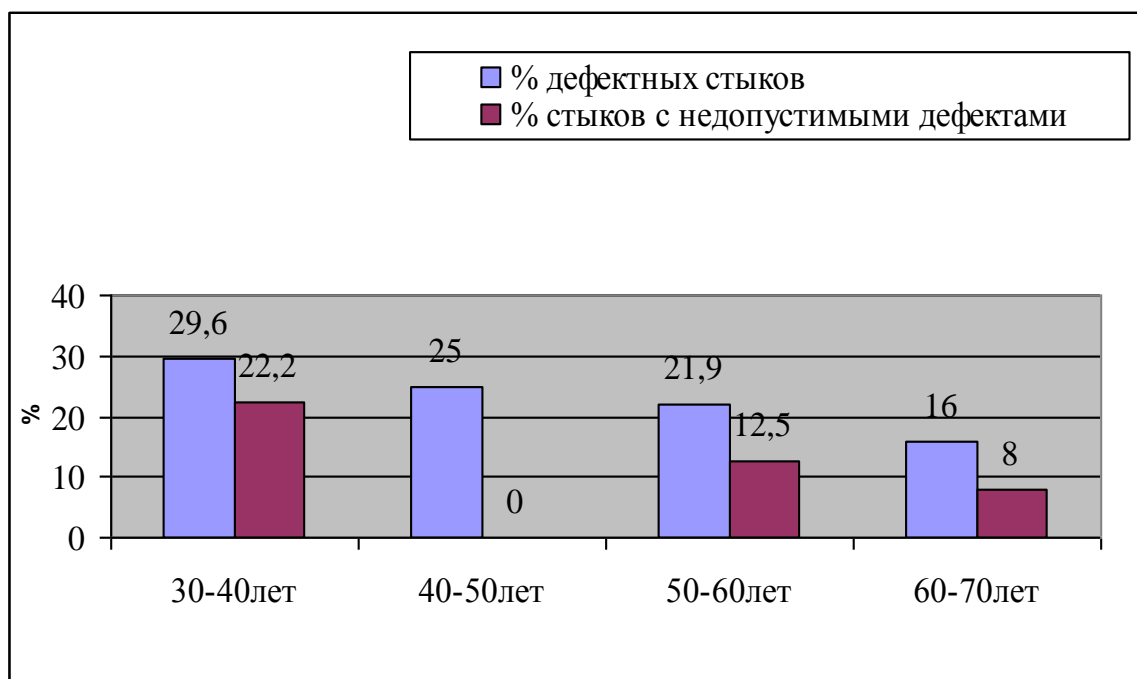


Рисунок 38 – Распределение % дефектных стыков в зависимости от возраста сварщика способ Г

Диаграмма процента дефектных стыков в зависимости от возраста при способе сварки Г, рисунок 38 показывает в отличие от предыдущего рисунка,

рисунка 37, другую тенденцию. Здесь мы видим, что наибольший процент дефектных и бракованных стыков, 29,6% и 22,2% соответственно, наблюдается у сварщиков в возрасте 30-40 лет и с увеличением возраста уменьшается. Вероятнее всего это объясняется меньшим применением данного способа сварки в целом на предприятии и как следствие меньшим применением молодыми специалистами, то есть просто отсутствием опыта, который с возрастом приходит и как следствие становится уменьшение дефектных стыков.

Можно сделать вывод, что для снижения дефектности необходимо проводить больше обучения по данному виду сварки, если он необходим на производстве.

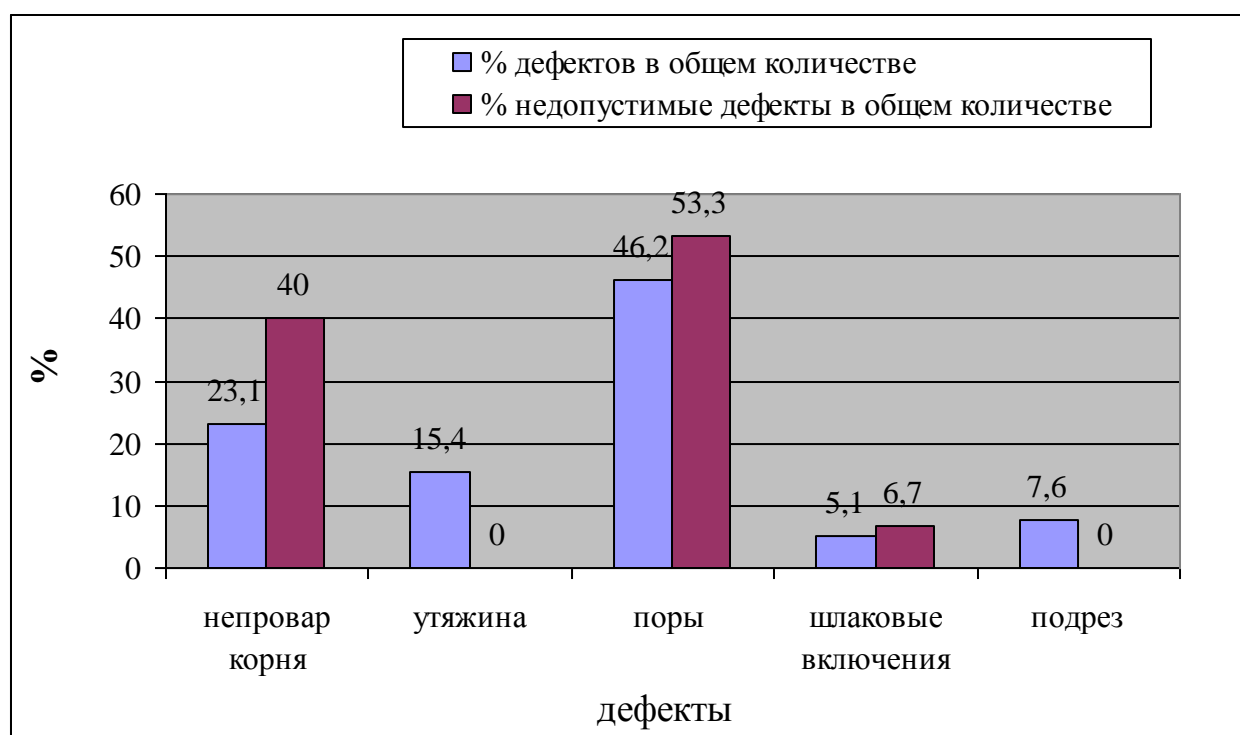


Рисунок 39 – Распределение % дефектов по видам в зависимости от возраста сварщика 30 – 40 лет способ РД

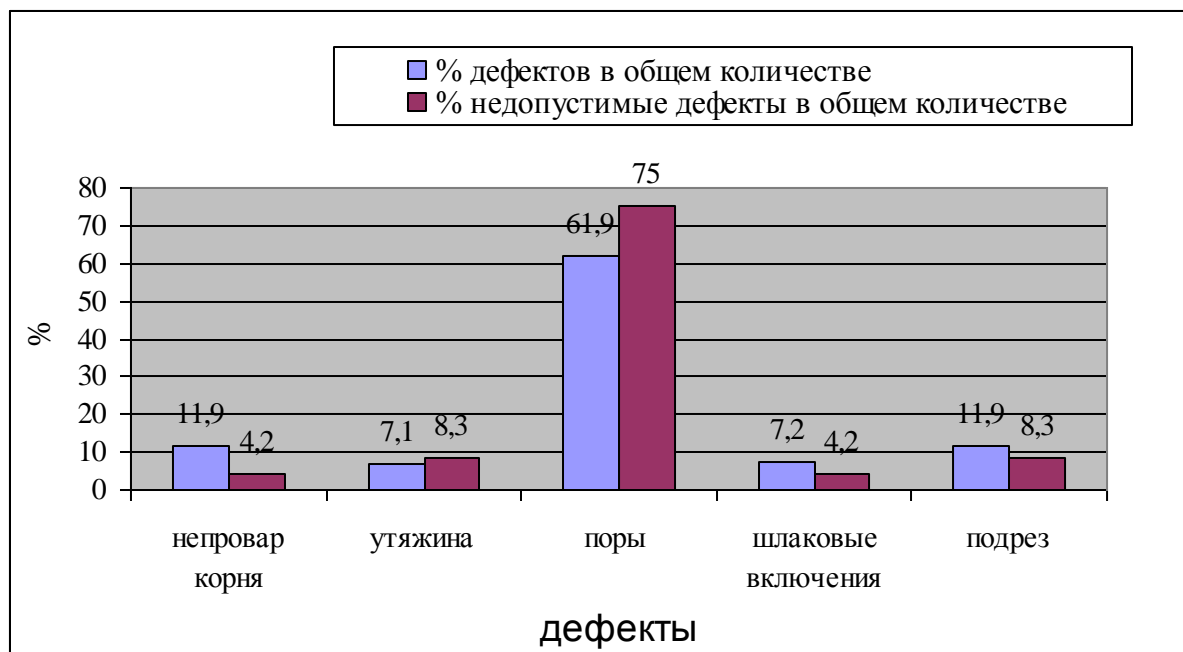


Рисунок 40 - Распределение % дефектов по видам в зависимости от возраста сварщика 40 – 50 лет способ РД

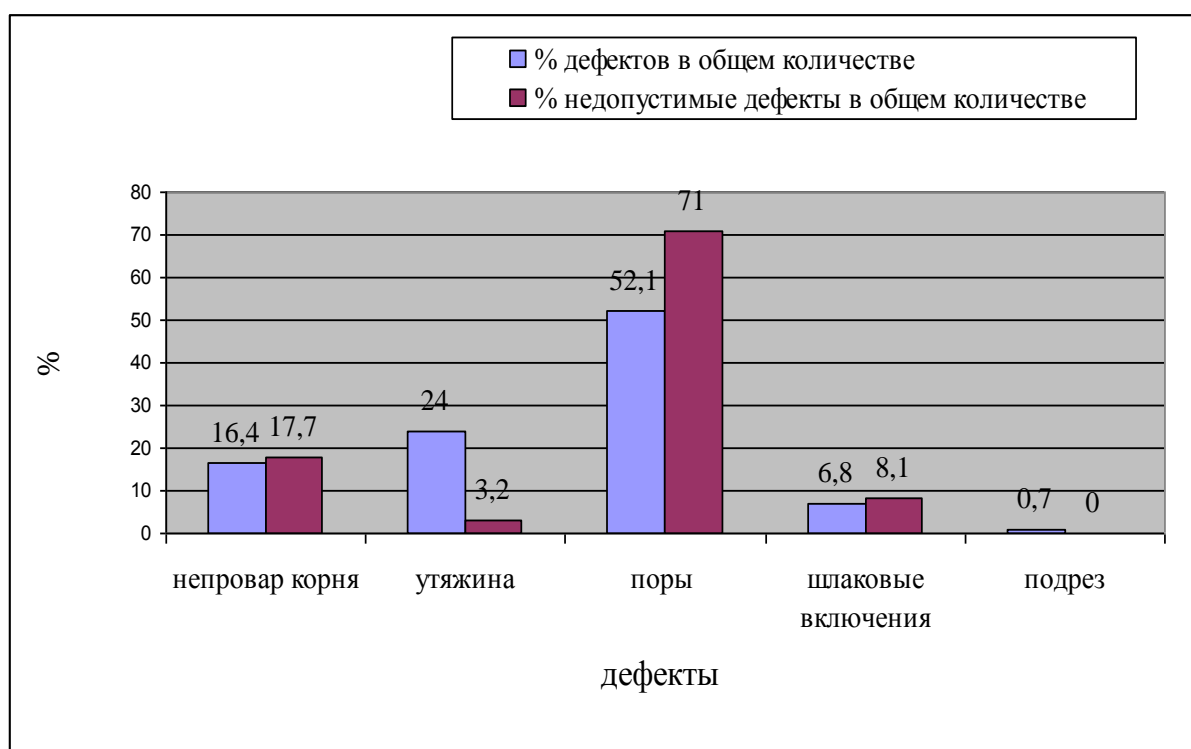


Рисунок 41 - Распределение % дефектов по видам в зависимости от возраста сварщика 50 – 60 лет способ РД

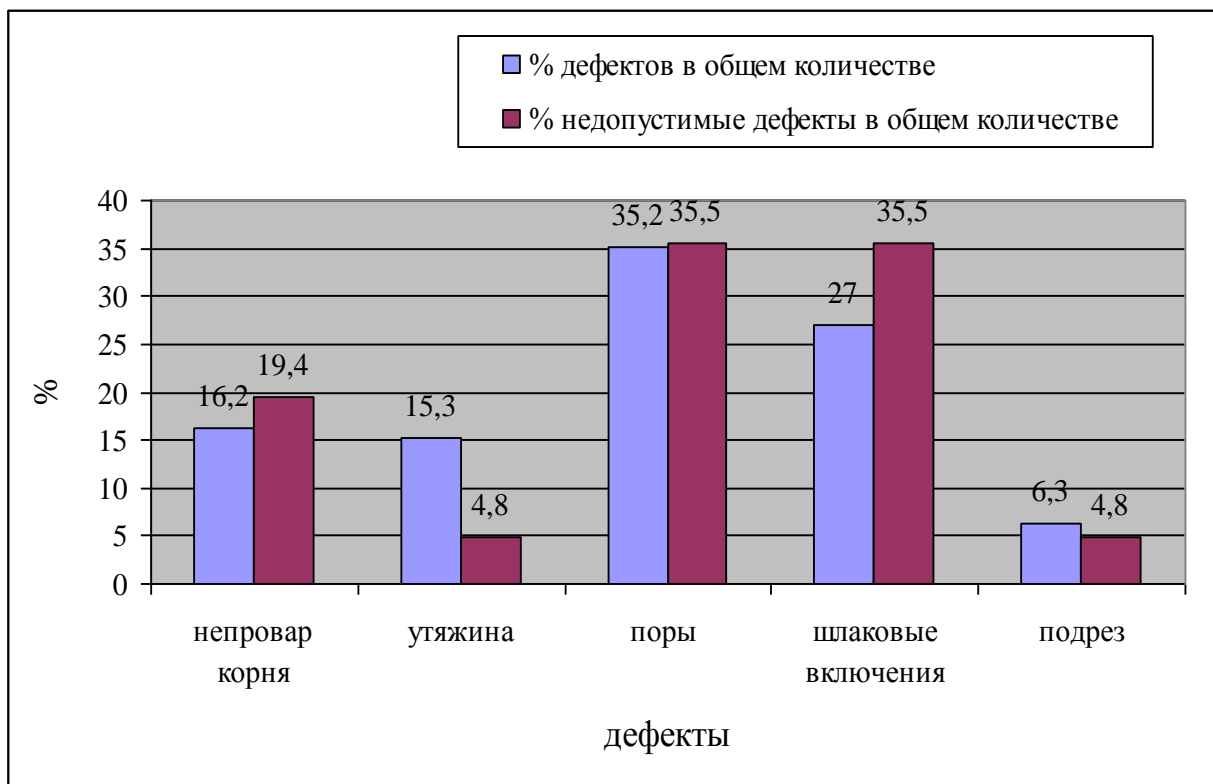


Рисунок 42 - Распределение % дефектов по видам в зависимости от возраста сварщика 60 – 70 лет способ РД

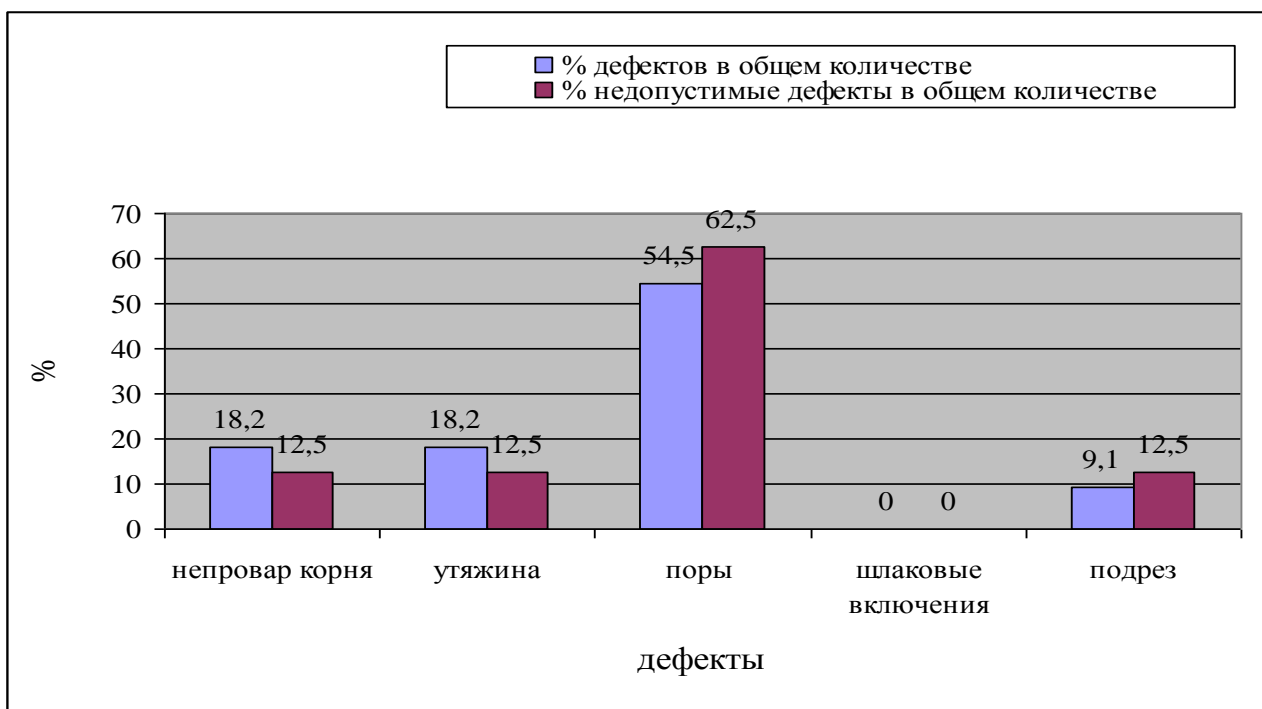


Рисунок 43 - Распределение % дефектов по видам в зависимости от возраста сварщика 30 – 40 лет способ Г

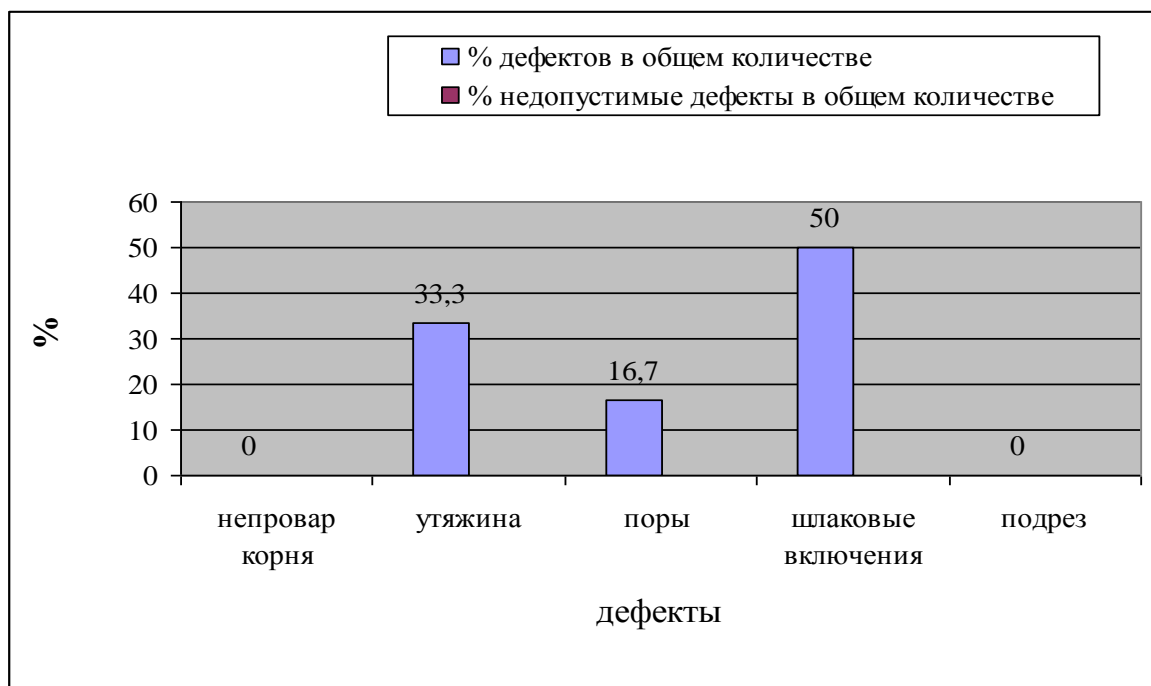


Рисунок 44 - Распределение % дефектов по видам в зависимости от возраста сварщика 40 – 50 лет способ Г

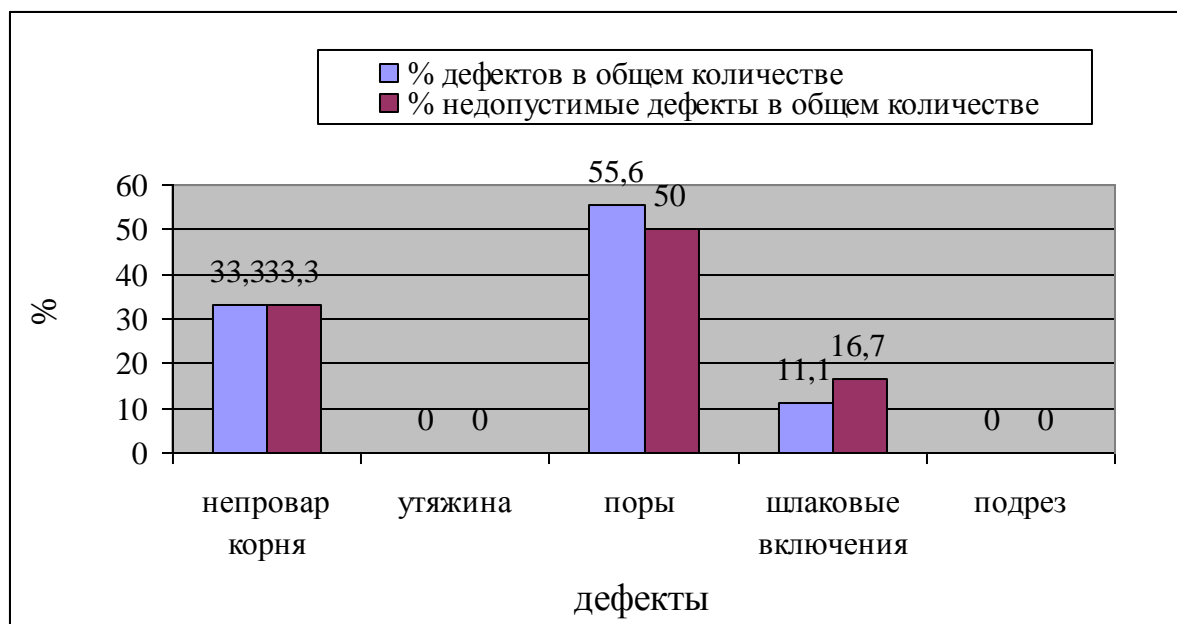


Рисунок 45 - Распределение % дефектов по видам в зависимости от возраста сварщика 50 – 60 лет способ Г

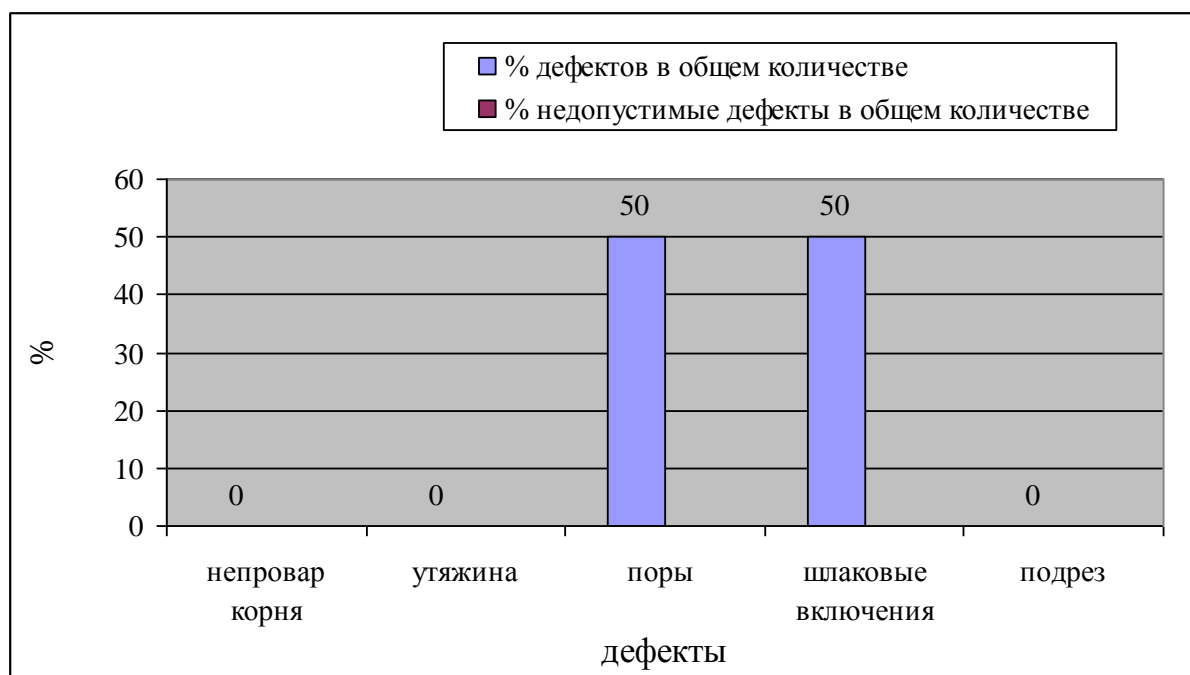


Рисунок 46 - Распределение % дефектов по видам в зависимости от возраста сварщика 60 – 70 лет способ Г

Рассматривая графики распределения процента дефектов по видам в зависимости от возраста рисунок 39 – 46 везде наблюдаем, что основной процент из общего числа дефектов и брака составляют поры, что обусловлено уже известными нам факторами.

Особо можно отметить рисунок 42 способ РД и рисунок 46 способ Г с возрастом работников от 60 до 70 лет, там процент по видам дефектов распределен более равномерно и видимо это связано с тем, что в этом возрасте человек вообще допускает больше ошибок.

Поэтому в не зависимости от возрастной группы работником для снижения уровня дефектности можно рекомендовать обучение по устранению факторов приводящих к возникновению такого вида дефекта как поры.

3.8 Анализ уровня дефектности сварных соединений в зависимости от стажа работы электрогазосварщика (по способам сварки)

Рассмотрим данные в зависимости от стажа работы электрогазосварщика.

Данные приведены в таблице 32.

Таблица 32 – Данные дефектов в зависимости от стажа работы электрогазосварщика

Способ сварки	Диаметр трубы, мм	Процент дефектных стыков	Коэффициент недопустимых дефектов	Средний процент стыков с недопустимыми дефектами	Доля отдельных видов дефектов (%) в их общем кол-ве		Распределение недопустимых дефектов (%) по их видам			
					Кол-во	Доля, %	Кол-во	Доля, %	Доля, %	
РД	5-10 лет	64,7	0,29	18,8	непровар корня	6	28,6	непровар корня	3	50
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	2	9,5	утяжина	0	0
					поры	8	38,1	поры	3	50
					шлаковые включения	2	9,5	шлаковые включения	0	0
					смещение кромок	1	4,8	смещение кромок	0	0
					подрез	2	9,5	подрез	0	0
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	21	100	ИТОГО	6	100
РД	10-15 лет	50	0	0	непровар корня	-	0	непровар корня	0	0
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	-	0	утяжина	0	0
					поры	-	0	поры	0	0
					шлаковые включения	-	0	шлаковые включения	0	0
					смещение кромок	-	0	смещение кромок	0	0
					подрез	-	0	подрез	0	0
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	-	0	ИТОГО	0	0

Продолжение таблицы 32

РД	15-20 лет	51,5	0,56	28,9	непровар корня	8	14	непровар корня	5,15,6	
					несплавленное по кромкам	-	0	несплавленное по кромкам	0	0
					утяжина	6	10,5	утяжина	0	0
					поры	34	59,6	поры	22	68,8
					шлаковые включения	4	7	шлаковые включения	3	9,4
					смещение кромок	-	0	смещение кромок	0	0
					подрез	5	8,9	подрез	2	6,2
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
ИТОГО	57	100	ИТОГО	32	100					
РД	20-25 лет	60	0,44	26,4	непровар корня	1	5,6	непровар корня	0	0
					несплавленное по кромкам	-	0	несплавленное по кромкам	0	0
					утяжина	3	16,6	утяжина	0	0
					поры	13	72,2	поры	8	100
					шлаковые включения	1	5,6	шлаковые включения	0	0
					подрез	0	0	подрез	0	0
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	18	100	ИТОГО	8	100
РД	20-25 лет	33,3	0,3	9,99	непровар корня	10	37	непровар корня	3	33,3
					несплавленное по кромкам	-	0	несплавленное по кромкам	0	0
					утяжина	7	26	утяжина	1	11,1
					поры	6	22,2	поры	3	33,3
					шлаковые включения	4	14,8	шлаковые включения	0	0
					подрез	1	9,1	подрез	2	22,3
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	27	100	ИТОГО	9	100
РД	Свыше 30 лет	50,8	0,5	25,4	непровар корня	32	14,9	непровар корня	19	17,6
					несплавленное по кромкам	-	0	несплавленное по кромкам	0	0
					утяжина	43	20	утяжина	5	4,6
					поры	95	44,2	поры	56	51,9
					шлаковые включения	37	17,2	шлаковые включения	25	23,1
					подрез	8	3,7	подрез	3	2,8
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	215	100	ИТОГО	108	100

Продолжение таблицы 32

Г	5-10 лет	44,4	0,4	17,8	непровар корня	1	20	непровар корня	0	0
					несплавленное по кромкам	-	0	несплавленное по кромкам	0	0
					утяжина	1	20	утяжина	0	0
					поры	3	60	поры	2	100
					шлаковые включения	0	0	шлаковые включения	0	0
					подрез	-	0	подрез	0	0
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	5	100	ИТОГО	2	100
Г	10-15 лет	0	0	0	непровар корня	-	0	непровар корня	0	0
					несплавленное по кромкам	-	0	несплавленное по кромкам	0	0
					утяжина	-	0	утяжина	0	0
					поры	-	0	поры	0	0
					шлаковые включения	-	0	шлаковые включения	0	0
					подрез	-	0	подрез	0	0
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	0	0	ИТОГО	0	0
Г	15-20 лет	31,3	0,5	16,6	непровар корня	1	9,1	непровар корня	1	16,7
					несплавленное по кромкам	-	0	несплавленное по кромкам	0	0
					утяжина	2	18,2	утяжина	1	16,7
					поры	4	36,3	поры	3	50
					шлаковые включения	3	27,3	шлаковые включения	0	0
					подрез	1	9,1	подрез	1	16,6
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	11	100	ИТОГО	6	100
Г	20-25 лет	31,6	0,5	15,8	непровар корня	1	50	непровар корня	0	0
					несплавленное по кромкам	-	0	несплавленное по кромкам	0	0
					утяжина	-	0	утяжина	0	0
					поры	-	0	поры	0	0
					шлаковые включения	1	50	шлаковые включения	1	100
					подрез	-	0	подрез	0	0
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	2	100	ИТОГО	1	100

Продолжение таблицы 32

Г	25-30 лет	22,2	0	0	непровар корня	1	100	непровар корня	0	0
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	-	0	утяжина	0	0
					поры	-	0	поры	0	0
					шлаковые включения	-	0	шлаковые включения	0	0
					подрез	-	0	подрез	0	0
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	1	100	ИТОГО	0	0
Г	Свыше 30 лет	15,5	0,6	9,3	непровар корня	2	18,2	непровар корня	2	28,6
					несплавление по кромкам	-	0	несплавление по кромкам	0	0
					утяжина	-	0	утяжина	0	0
					поры	7	63,6	поры	3	42,8
					шлаковые включения	2	18,2	шлаковые включения	2	28,6
					подрез	-	0	подрез	0	0
					трещина	-	0	трещина	0	0
					прожог	-	0	прожог	0	0
					ИТОГО	11	100	ИТОГО	7	100

На основании общего анализа данных дефектов в зависимости от стажа работы электрогазосварщика, построим график от общего количества дефектов и недопустимых дефектов по их видам в зависимости от способа сварки РД и Г рисунок 47 - 48. Также построим графики распределения % дефектов по виду сварки РД и Г в зависимости от стажа работы электрогазосварщика рисунок 49 – 57.

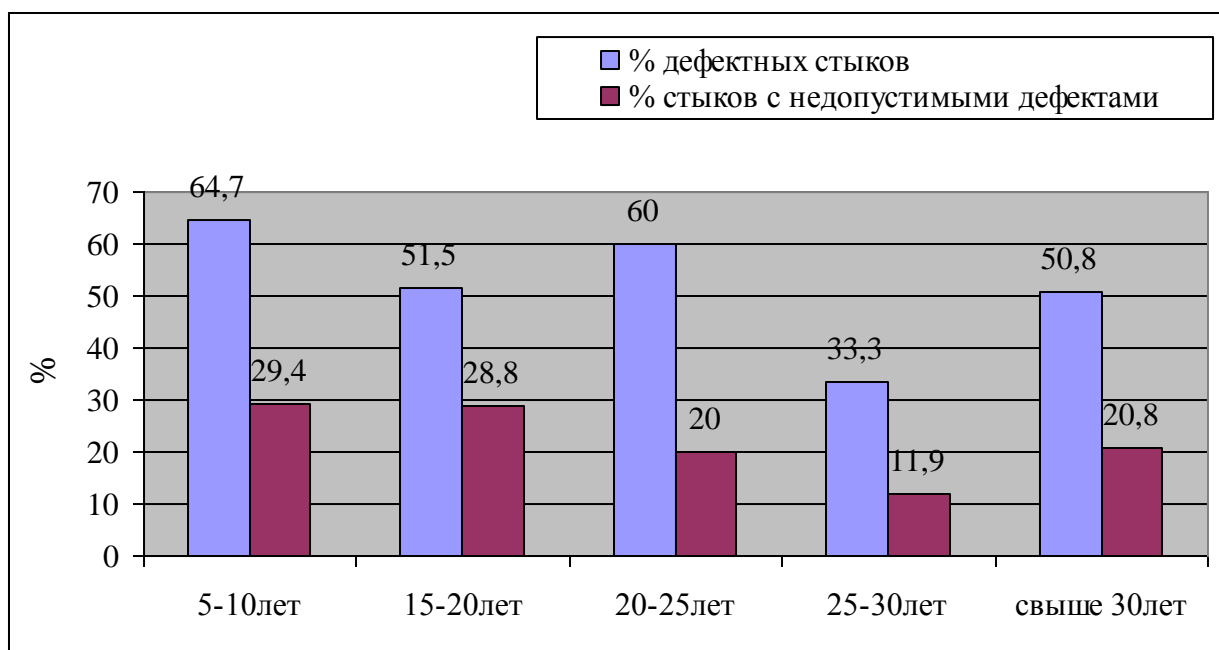


Рисунок 47 - Распределение % дефектных стыков в зависимости от стажа сварщика способ РД

Изучая рисунок 47, четко прослеживается уменьшение как дефектных стыков с 64,7% до 33,3%, так и это самое главное, снижение процента стыков с недопустимыми дефектами с 29,4% до 11,9%, что обусловлено увеличением опыта у работающих. В последней группе со стажем выше 30 лет наблюдается увеличение, как дефектов, так и брака и это можно объяснить, данные сотрудники очень возрастные и находятся в предпенсионном возрасте.

Можно сделать вывод, что для снижения процента дефектных стыков и брака, несмотря на необходимость прохождения обучения и повышения квалификации всеми сотрудниками, особое внимание нужно уделять работникам, только пришедшим на предприятие и начинающим осваивать специфику работы.

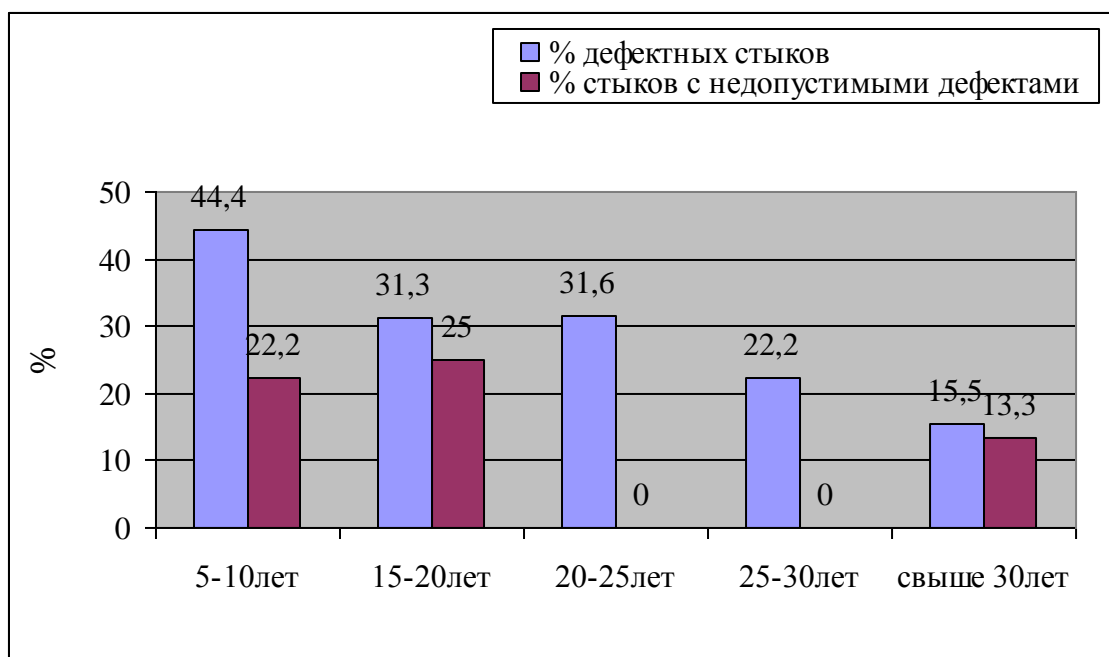


Рисунок 48 - Распределение % дефектных стыков в зависимости от стажа сварщика способ Г

Анализируя рисунок 48, можно сделать аналогичный вывод что и для способа РД, то что с увеличением стажа, а как следствие опыта, процент дефектных и бракованных стыков уменьшается с 44,4% и 22,2% до 15,5% и 13,3% соответственно. Но так как, повторяясь, что сварка соединений данным способом проводится гораздо в более меньших количествах, график не такой выраженный, однако видно, у начинающих сотрудников со стажем 5-10лет максимальные показатели по дефектам и браку, и, следовательно, можно сделать вывод о необходимости большего количества обучения и других мероприятий с данной группой сотрудников для снижения дефектности.

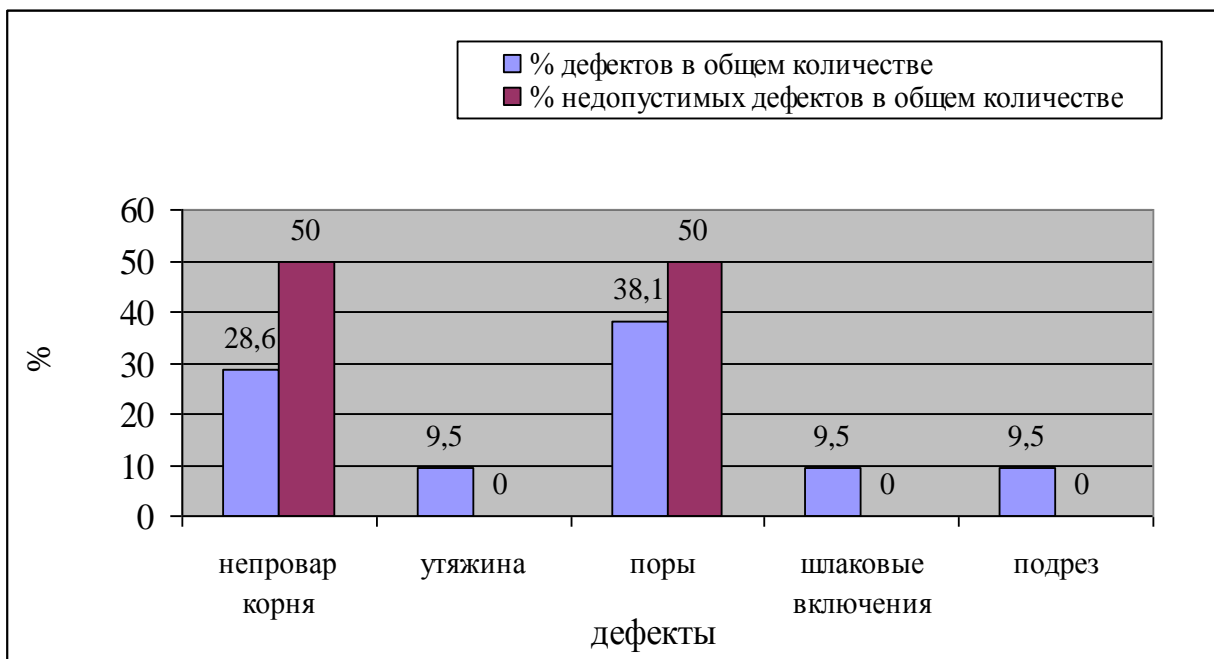


Рисунок 49 - Распределение % дефектов по видам в зависимости от стажа сварщика 5-10 лет способ РД

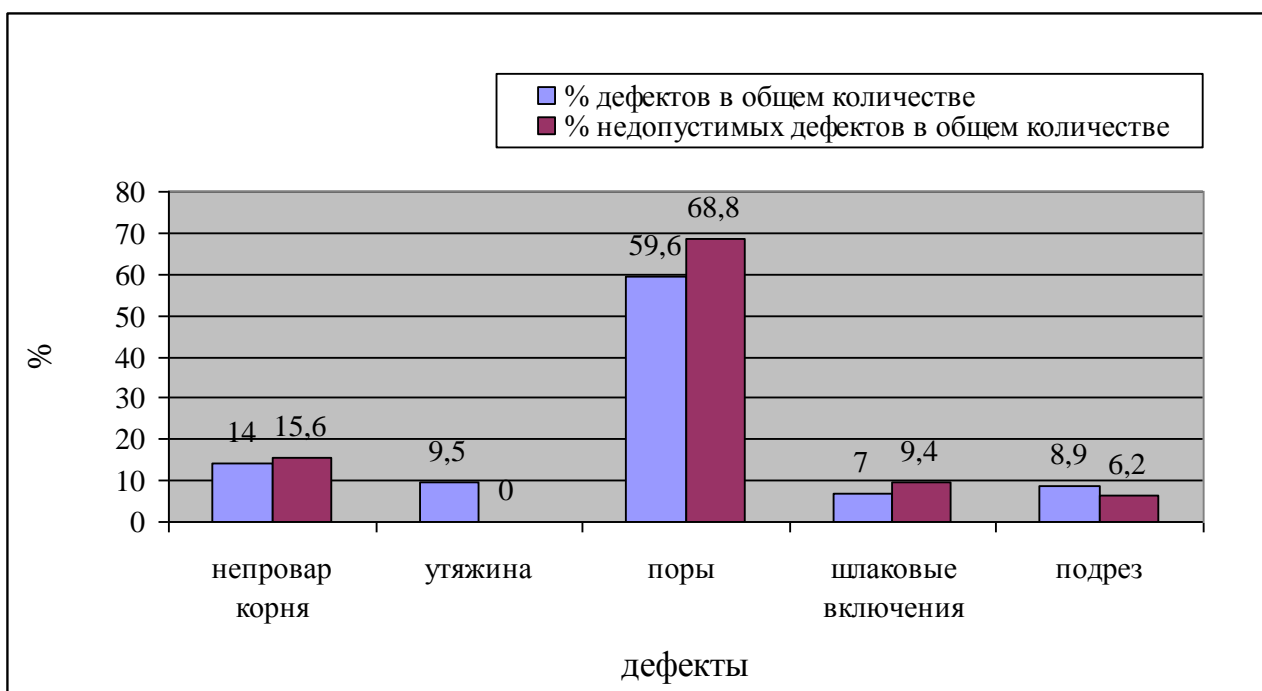


Рисунок 50 - Распределение % дефектов по видам в зависимости от стажа сварщика 15-20 лет способ РД

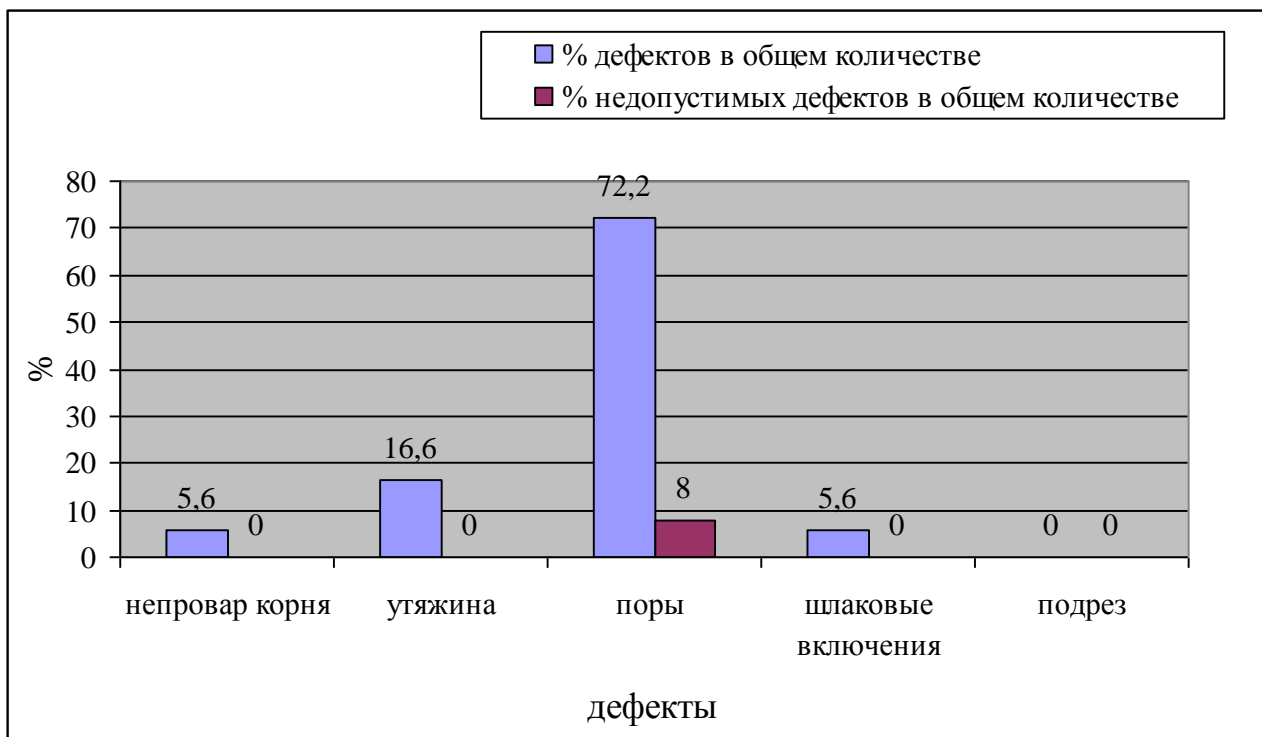


Рисунок 51 - Распределение % дефектов по видам в зависимости от стажа сварщика 20-25 лет способ РД

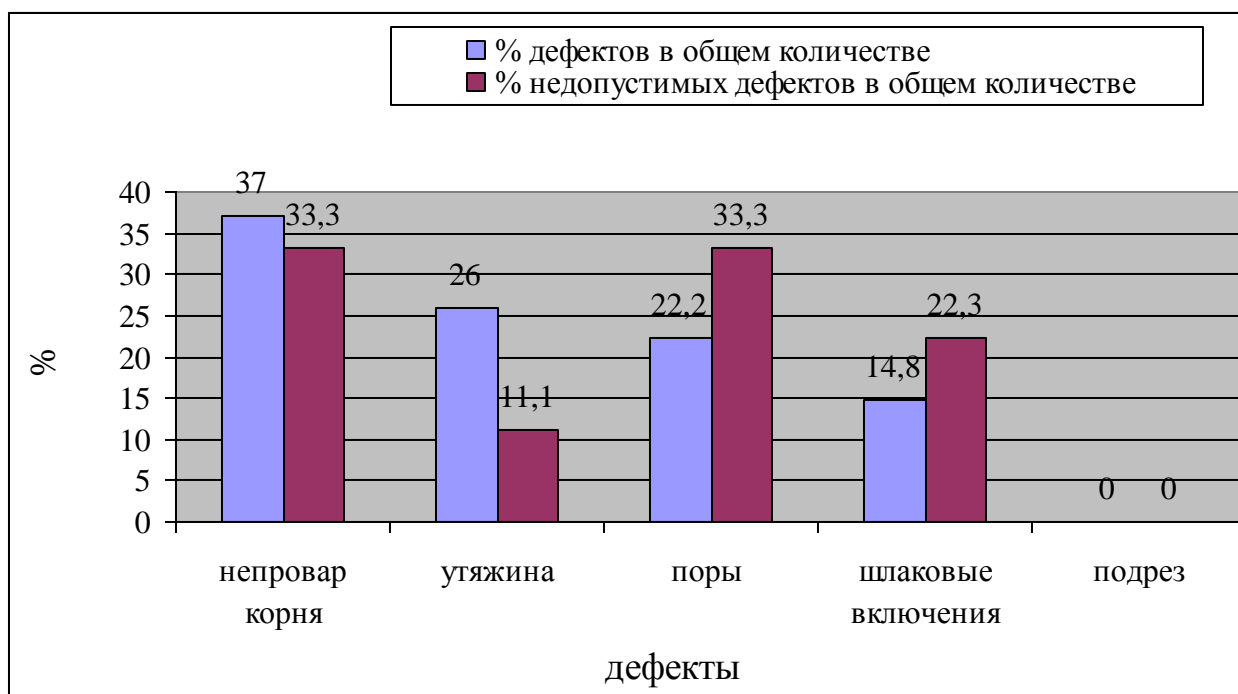


Рисунок 52 - Распределение % дефектов по видам в зависимости от стажа сварщика 25-30 лет способ РД

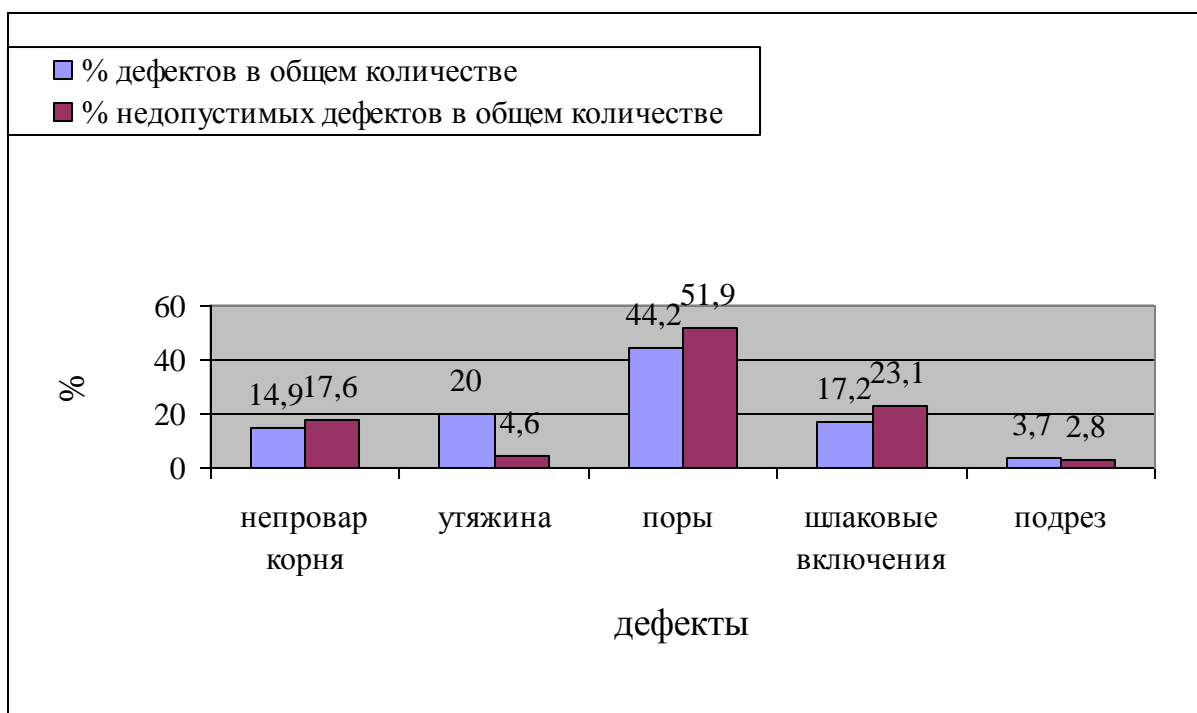


Рисунок 53 - Распределение % дефектов по видам в зависимости от стажа сварщика свыше 30 лет способ РД

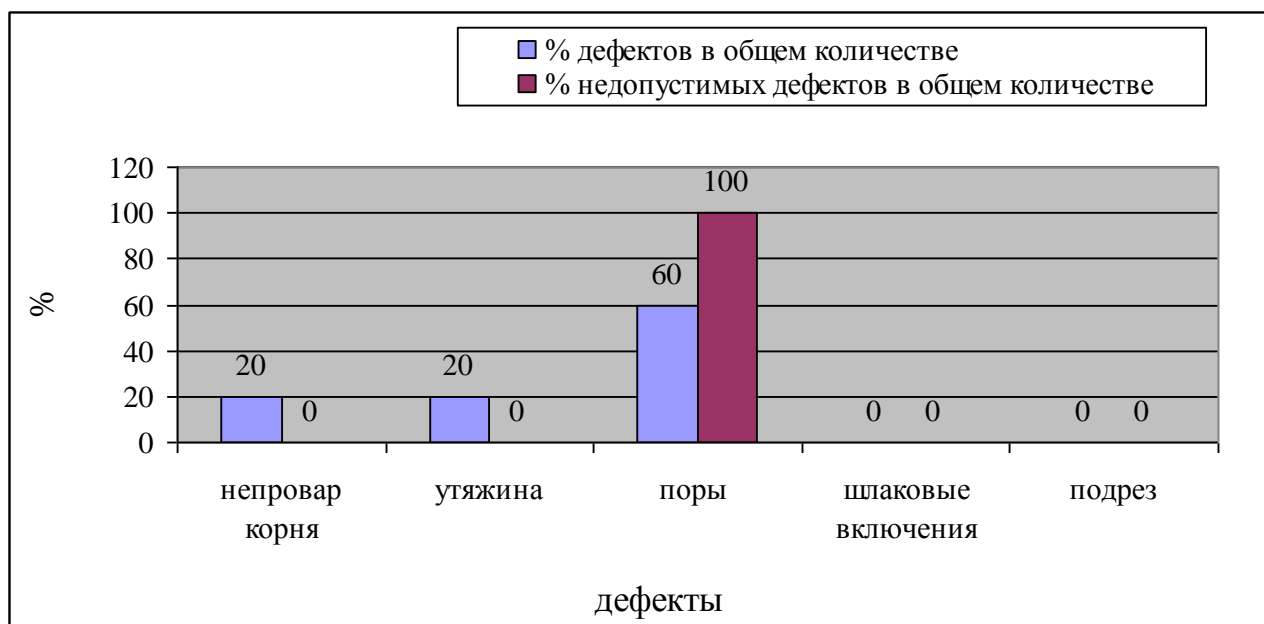


Рисунок 54 - Распределение % дефектов по видам в зависимости от стажа сварщика 5 - 10 лет способ Г

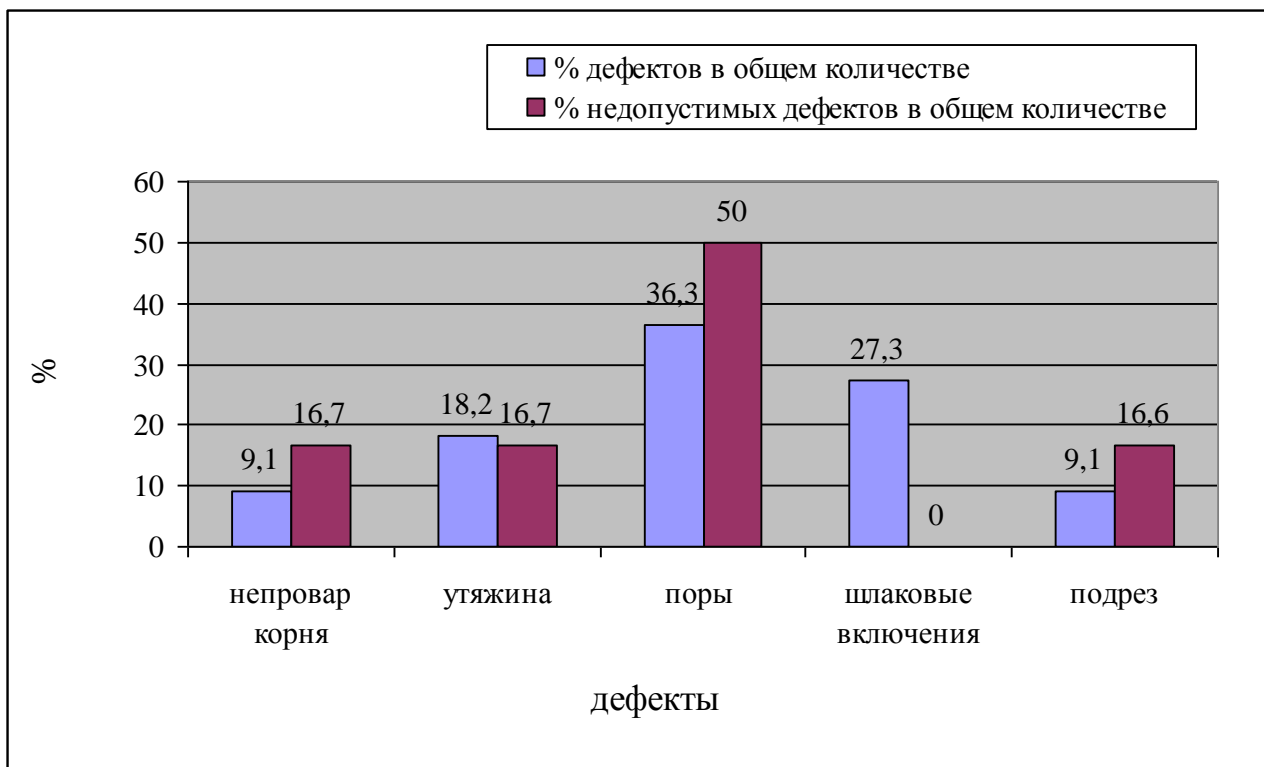


Рисунок 55 - Распределение % дефектов по видам в зависимости от стажа сварщика 15 - 20 лет способ Г

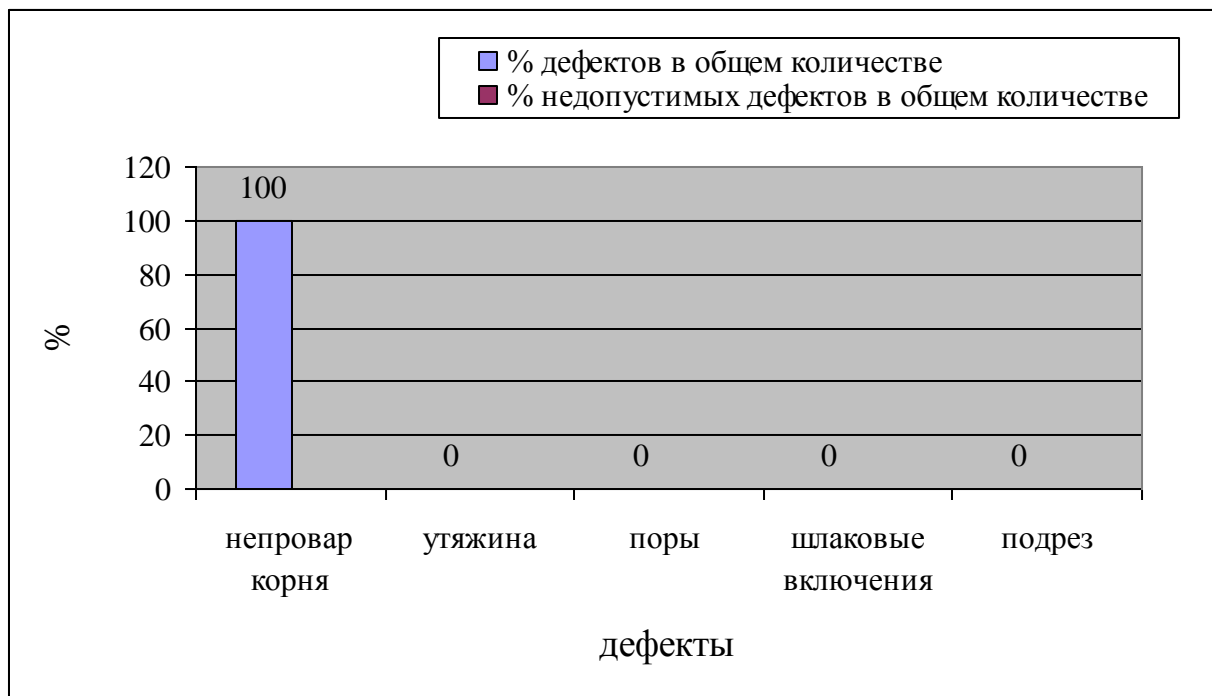


Рисунок 56 - Распределение % дефектов по видам в зависимости от стажа сварщика 25 - 30 лет способ Г

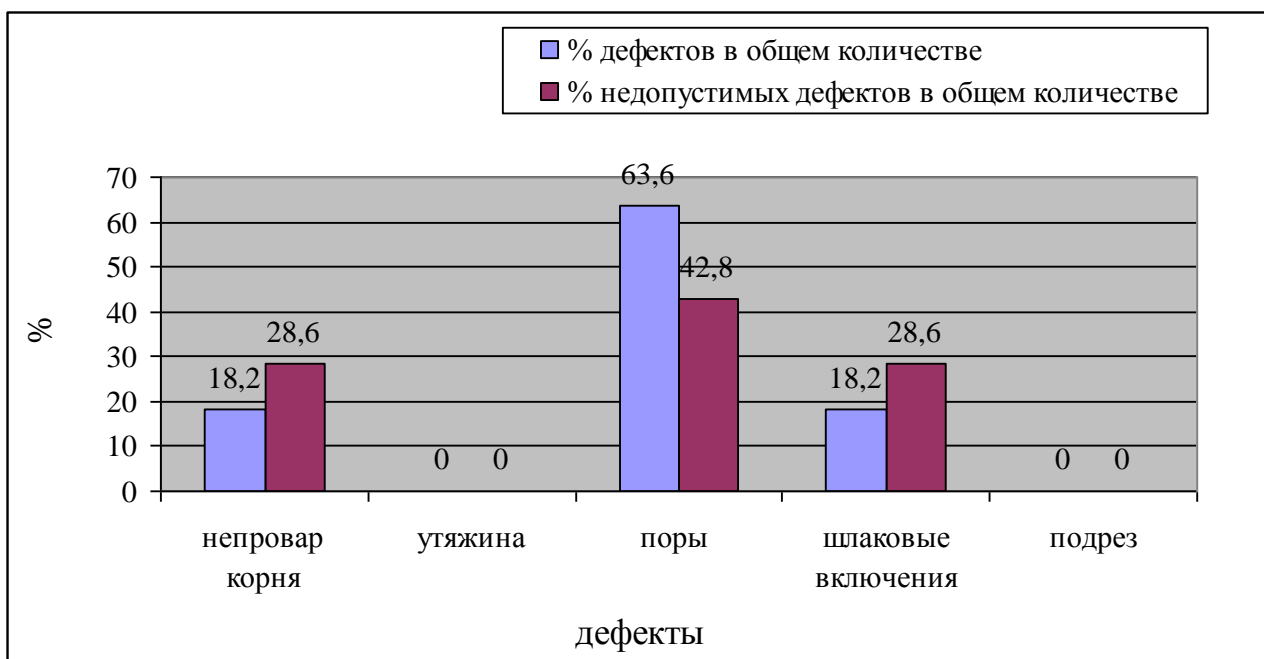


Рисунок 57 - Распределение % дефектов по видам в зависимости от стажа сварщика свыше 30 лет способ Г

При рассмотрении рисунков 49 - 57, то же, как и в зависимости с возрастом чаще всего встречается дефекты вида поры. При том зависимости от увеличения стажа уменьшения процента этого вида дефектов не прослеживается. То есть можно сделать вывод, что данный вид дефекта характерен для всех сотрудников вне зависимости от стажа из - за нарушений технологии сварки. И для уменьшения дефектности необходим более жесткий контроль за ее соблюдением.

4 ФОРМИРОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ И МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЯ ДЕФЕКТНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Исходя из целей нашей работы для повышения качества сварных соединений систем газопроводов выполненных сваркой плавлением мы провели системный анализ условий и причин образования отдельных видов дефектов.

На основании выявленных причин мы хотим предложить следующие мероприятия и рекомендации для снижения дефектности по отдельным видам дефектов сварных соединений и как следствие снижение аварийности в системах газоснабжения и газораспределения.

1. На трубопроводах диаметром до 100мм с толщинами стенок от 3 до 4мм для снижения уровня дефектности необходимо больше уделять внимание обучению сварщиков сварке труб малого диаметра, а также качеству подготовки свариваемых материалов.
2. На трубопроводах больших диаметров для снижения дефектности необходимо особое внимание уделять укрытию свариваемого участка и погодным условиям.
3. Для снижения дефектности при прокладке внутренних и наружных трубопроводов необходимо создавать максимально удобные условия для проведения сварочных работ.
4. Для всех возрастных групп сварщиков на предприятии необходимо проводить методическое повышение квалификации, а также проводить правильную кадровую политику и мотивацию сотрудников на максимально ответственное выполнение работ.

Также можно предложить рекомендации не зависимо от исследуемых факторов, которые, в общем, будут влиять на снижение дефектности сварных соединений:

1. Более детальное обучение сварщиков подготовки сборки под сварку, с дальнейшим применением этих навыков в работе, и усиление контроля данного процесса.
2. Доскональное изучение процессов подготовки сварочных материалов, и четкое соблюдение данных процессов.
3. Устранение технологических дефектов и минимизация человеческих ошибок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения диссертационной работы в полном объеме решены все задачи, поставленные в начале исследования, а именно:

1. Разработана методика статистического исследования уровня дефектности сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения по отдельным факторам

2. Проведены статистические исследования уровня дефектности сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения

3. Произведена обработка результатов исследований и сформированы комплексные рекомендации по проведению мероприятий для снижения уровня дефектности сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения.

Основными результатами работы являются:

- Проведение статистических исследований уровня дефектности сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения;

- Обработка результатов исследования уровня дефектности сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения;

- Проведение анализа уровня дефектности сварных соединений в зависимости от исследуемых условий (способ сварки, диаметр, толщина стенки, условия прокладки, возраст и стаж сварщиков);

- Разработаны рекомендации и мероприятия по снижению уровня дефектности сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и газораспределения.

Результаты статистического исследования уровня дефектности сварных соединений стальных трубопроводов систем газоснабжения и

газораспределения позволили разработать рекомендации для проведения мероприятий по снижению дефектности в сварных соединениях при строительно-монтажных работах на трубопроводах систем газоснабжения и газораспределения.

Полученные результаты в виде комплекса рекомендаций позволят при внедрении их в производство снизить уровень дефектности сварных соединений и как следствие повысить надежность и безопасность эксплуатации систем газоснабжения и газораспределения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **СНиП 42-01-2002.** Газораспределительные системы [Текст]. – Взамен СНиП 2.04.08-87 и СНиП 3.05.02-88 ; введ. 2003-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 2002г. – 32 с. – (Система нормативных документов в строительстве).
2. **ГОСТ 3262-75.** Трубы стальные водогазопроводные [Текст]. – Введ. 1977-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2007 – 7 с.
3. **ГОСТ 10704-91.** Трубы стальные электросварные прямошовные [Текст]. – Введ. 1993-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2007 – 7 с.
4. **ГОСТ 380-2005.** Сталь углеродистая обыкновенного качества [Текст].- Введ. 2008-01-01. – М. :Изд-во стандартов, 2007 – 7 с.
5. **ГОСТ 1050-2013.** Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали [Текст]. - Введ. 1991-01-01. – М. :Изд-во стандартов, 2008 – 17 с.
6. **ГОСТ 9.602-2005.** Единая защита защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии [Текст]. – Введ. 2007-01-01. – М. :Изд-во стандартов, 2007 – 54 с.
7. **СНиП 2.03.11-85.** Защита строительных конструкций от коррозии [Текст]. - Введ. 1986-01-01. – НИИЖБ.: 1985 – 69 с.
8. **ГОСТ 5264-80.** Ручная дуговая сварка. Сварные соединения. Основные типы, конструктивные элементы и размеры [Текст] – Введ. 1981-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 31 с.
9. **Акулов, А.И.,** Технология и оборудование сварки плавлением [Текст] : учеб. пособие / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич ; – М.: Машиностроение, 1977.- 432 с.
10. **ГОСТ 9467-75.** Электроды покрытые металлические для ручной дугой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. Типы [Текст] – Введ.1977-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1975. – 7 с.
11. **Каневский, И.Н.** Неразрушающие методы контроля [Текст] : учеб. пособие

- / И.Н. Каневский, Е.Н. Сальникова ; Владивосток. : Изд. ДВГТУ, 2007. – 243 с.
12. **РД 03-606-03.** Инструкция по визуальному и измерительному контролю [Текст]. - Введ. 2003-17-07. – М. : Изд-во НТЦ Промышленная безопасность, 2004 – 101 с.
13. **Суворов, А.Ф.** Сварочно-монтажные работы в трубопроводном строительстве [Текст] / А.Ф. Суворов, Г.Г. Васильев, Ю.Г. Горяинов и др.; - М.: Звезда, 2006 - 240 с.
14. **ГОСТ 23055-78.** Контроль неразрушающий. Сварка металлов плавлением. Классификация сварных соединений по результатам радиографического контроля [Текст]. – Введ. 1979-30-06. – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
15. **ГОСТ 7512-82.** Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод [Текст]. – Введ. 1984-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 18 с.
16. Гостинов, И.А. Анализ аварийных ситуаций на линейной части магистральных газопроводов [Электронный ресурс] / И.А. Гостинов, А.Н. Вирясов, М.А. Семенова ; Электрон. текстовые дан. - Ростов – на – Дону, Электронный научный журнал, 2013.- Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1618>, свободный.
17. Занковец, П.В. Влияние подготовки и сборки под сварку на уровень качества сварных соединений [Электронный ресурс] / П.В. Занковец ; Электрон. текстовые дан. – Минск: ИСиЗП, 2012. - Режим доступа: <http://cnb.by/servisy/novosti/vliyanie-podgotovki-i-sborki-pod-svarku-na-uroven-kachestva-svarnyh-soedinenij.html>, свободный.
18. Денисов, Л.С. Повышение качества сварных изделий на основе оптимизации технического уровня доминирующих факторов сварочно-монтажного производства [Электронный ресурс] / Л.С. Денисов ; Электрон. текстовые дан. - Минск: ИСиЗП, 2012. - Режим доступа: <http://do.gendocs.ru/docs/index-207249.html>, свободный.
19. Савонин, С. Анализ основных причин аварий, произошедших на магистральных газопроводах [Текст] / С. Савонин, З. Арсентьева, А.

- Москаленко, А. Чугунов, А. Тюндер ; // Инженерная защита. – Санкт – Петербург, 2015. - № 6 (11). – С. 52-58. – Журнал.: с. 114.
20. Домнина, Е.Г. Способ повышения качества сварных соединений [Текст] / Е.Г. Домнина ; – Молодой ученый. – Чита, 2011. - № 5 (28). – С. 46-48. – Журнал.: с. 248.
21. Гаврюшин, С.С. Численный анализ влияния дефектов сварного шва на прочность трубопроводов [Электронный ресурс] / С.С. Гаврюшин, Д.В. Захаренков ; Электрон. текстовые дан. – М: МГТУ, 2014. – Режим доступа: <http://ru.convdocs.org/docs/index-253602.html>, свободный.
22. Занковец, П.В. Исследование и анализ дефектности сварных соединений, выполненных сваркой плавлением [Электронный ресурс] / П.В. Занковец ; Электрон. текстовые дан. – Минск: ИСиЗП, 2012. - Режим доступа: <http://gymnazyu.ru/stati/issledovaniya-i-analiz-defektnosti-svarnih-soedinenij-vipolnen/main.html>, свободный.
23. Бадалян, В.Г. Мониторинг сварных соединений трубопроводов с использованием систем автоматизированного ультразвукового контроля с когерентной обработкой данных [Текст] / В.Г. Бадалян, А.Х. Вовилкин ; // В мире неразрушающего контроля. – Москва, 2004. - № 4 (26). – С. 22-27. – Журнал.: с. 98.
24. Лепихин, А.М. Оценка надежности сварных соединений трубопроводов, содержащих дефекты в виде непроваров [Текст] / А.М. Лепихин, Е.В. Москвичев ; – Вестник СибГАУ. – Красноярск, 2007. - № 1. – С. 123-124. – Журнал.: с. 167.
25. Исследование структуры доброкачественных и дефектных сварных соединений, выполненных из углеродистых сталей [Электронный ресурс] Электрон. текстовые дан. – М: Блог Святника для любителей сварки, 2013. – Режим доступа: <http://svyatik.org/svarka-808.html>, свободный.
26. РД **03-435-02**. Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства [Текст] – Введ. 1998-30-10. - М. : Изд-во стандартов, 2002. – 32 с. – (Федеральный горный и

промышленный надзор России).

27. **ГОСТ 30242-97.** Дефекты сварных соединений при сварке металлов плавлением [Текст]. – Введ. 2003-01-01. – Минск. : Изд-во стандартов, 2001. – 8 с.
28. **Коновалов, А.В.** Теория сварочных процессов [Текст] / А.В. Коновалов, А.С. Куркин, Э.Л. Макаров и др.; Под ред. В.М. Неровного.- М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007.- 752 с.
29. Положение о выпускной квалификационной работе [Текст] : [приложение к решению Учетного совета от 24 марта 2011 г.]. - Тольятти. : ТГУ, 2011. – 19 с.
30. **Егоров, А.Г.** Правила оформления выпускных квалификационных работ для бакалавриата и специалитета [Текст] : учеб. методическое пособие / А.Г. Егоров, В.Г. Виткалов, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова ; Тольятти. : ТГУ, 2011. – 96 с.