

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Кафедра «Оборудование и технологии сварки и контроля»

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Производство сварных конструкций»

На тему: «Разработка технологического процесса изготовления трубчатой
печи для установки атмосферно-вакуумной трубчатки»

Студент группы:

А.А. Сивков

Руководитель:

Н.В. Жаринова

Оценка при защите

«__»_____ 2021г.

Уфа 2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

Уфимский государственный нефтяной технический университет
Кафедра «Оборудование и технологии сварки и контроля»

Задание на курсовой проект по курсу
“Производство сварных конструкций”

Студенту Сивкову А.А. группы БМС-17-01

1. Название конструкции Трубчатая печь для установки атмосферно-вакуумной
трубчатки

2. Исходные данные _____

3. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке
вопросов)

1. Введение.
2. Описание изделия и условий его эксплуатации.
3. Анализ изготавливаемой конструкции на технологичность.
4. Разработка вариантов технологического процесса изготовления изделия.
5. Расчёт режимов сварки.
6. Подбор сварочного оборудования.
7. Разработка вариантов маршрутного технологического процесса.
8. Экономическое обоснование выбора варианта технологического процесса.
9. Заключение.
10. Список использованных источников.
11. Приложение - спецификации к сборочным единицам.

Объем пояснительной записки – не менее 40 с. без учета приложения.

4. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Объем графической части - 2 листа ф. А1:

1 лист –чертеж общего вида,

1 лист - детализовка.

5. Руководитель _____

дата и подпись руководителя

Задание принял к исполнению _____

дата и подпись студента

ПРИМЕЧАНИЕ: Это задание прилагается к пояснительной записке законченной работы

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Описание изделия и условий его эксплуатации.....	6
2 Анализ изготавливаемой конструкции на технологичность	10
2.1 Общие требования к изготовлению трубчатой печи.....	10
2.2 Выбор материала сварных швов.....	15
2.2.1 Проверка выбранного материала на образование горячих и холодных трещин.....	17
3. Разработка вариантов технологического процесса изготовления изделия.....	18
3.1 Выбор сварных соединений для выбранных способов сварки....	19
4 Расчет режимов сварки для проектных методов сварки.....	21
5 Выбор сварочных материалов для проектных методов сварки.....	25
6. Подбор сварочного оборудования.....	26
7. Расчет экономической эффективности технологических процессов....	37
7.1 Расчет затрат на операцию сварки "Швов" автоматической сваркой плавящимся электродом в CO ₂	37
7.2 Расчет затрат на операцию сварки "Швов" автоматической сваркой под флюсом.....	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	47
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	49

					0200.055.4893.012.000 ПЗ			
					Разработка технологического процесса изготовления трубчатой печи для установки атмосферно- вакуумной трубчатки	Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Сивков А.А.						
Провер.		Жаринова Н.В.						
Т. Контр.						Лист 3	Листов 49	
Реценз.					3	УГНТУ БМС-17		
Н. Контр.								
Утверд.								

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы трубчатые печи получили широкое распространение во всех наиболее развитых промышленных странах, так как быстрое развитие химической и особенно нефтяной и нефтехимической промышленности требует увеличения дешевых тепловых агрегатов для специальных технологических процессов.

Трубчатые печи используются при необходимости нагрева среды до температур более высоких, чем те, которых можно достичь с помощью пара, т. е. примерно свыше 230°C . Несмотря на сравнительно большие первоначальные затраты, стоимость тепла, отданного среде при правильно спроектированной печи, дешевле, чем при всех других способах нагрева до высоких температур.

Трубчатые печи различаются по технологическим, теплотехническим, конструктивным и другим признакам.

Одним из основных классификационных признаков промышленных трубчатых печей является их целевая принадлежность - использование в условиях определенной технологической установки. Так, большая группа печей, применяемых в качестве нагревателей сырья, характеризуется высокой производительностью и умеренными температурами нагрева ($300\text{--}500^{\circ}\text{C}$) углеводородных сред (установки АТ, АВТ, вторичная перегонка бензина, ГФУ). Другая группа печей многих нефтехимических производств одновременно с нагревом и перегревом сырья используется в качестве реакторов.

Большинство применяемых трубчатых печей радиантно-конвекционные. Они состоят из радиационной камеры, где сжигается топливо, и тепло к трубчатым сырьевым змеевикам передается, главным образом, излучением от пламени и раскаленных поверхностей огнеупорной футеровки, и конвекционной камеры, куда поступают продукты сгорания топлива из

камеры радиации. В камере конвекции тепло к сырью передается в основном конвекцией и частично излучением трехатомных компонентов дымовых газов. Нагреваемое углеводородное сырье проходит последовательно сначала по змеевикам камеры конвекции, а затем направляется в змеевики, камеры радиации.

В химической и нефтяной промышленности трубчатые печи применяются в основном при следующих операциях:

а) при нагревании технологических жидкостей или газов (нагрев и вакуумная перегонка, перегрев пара и т.п.);

б) при нагревании или выпаривании веществ, служащих для переноса тепла, например, минеральных масел, неорганических солей, даутермов и др.;

в) для сообщения реакционного тепла эндотермическим реакциям путем прямого нагрева реакционного пространства (термический крекинг, пиролиз бензинов, пиролиз этан-пропановой смеси, коксование и др.) или перегревом веществ.

Коэффициент полезного действия современных печей колеблется от 70 до 80% и в некоторых случаях достигает 88%. Работа современных трубчатых печей основывается на принципе однократного испарения, что обеспечивает либо более глубокий отгон при данной конечной температуре нагрева сырья, либо заданный отгон при более низкой температуре нагрева. Они обладают высокой тепловой эффективностью.

Продолжительность пребывания нагреваемого сырья в зоне высоких температур не превышает нескольких минут, что уменьшает возможность его разложения и коксоотложения в трубах, вследствие чего при необходимости сырье можно нагревать до более высокой температуры. Печи удобны в эксплуатации, позволяют осуществить.

1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Трубчатая печь является аппаратом, предназначенным для передачи нагреваемому продукту тепла, выделяющегося при сжигании топлива, непосредственно в этом же аппарате.

Трубчатые печи широко распространены в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, они являются составной частью многих установок и применяются в различных технологических процессах, таких как перегонка нефти, мазута, каталитический крекинг и риформинг, гидроочистка, очистка масел и др.

В начальный период развития нефтеперерабатывающей промышленности для нагрева сырья использовались кубы; однако, они имели много существенных недостатков и поэтому теперь не применяются [1].

Трубчатые печи получили широкое распространение благодаря следующим своим особенностям. Их работа основывается на принципе однократного испарения, что обеспечивает либо более глубокий отгон при данной конечной температуре нагрева сырья, либо заданный отгон при более низкой температуре нагрева. Они обладают высокой тепловой эффективностью, так как в дополнение к основной части тепла, которая передается излучением, существенная часть передается конвекцией вследствие сравнительно высокой скорости движения дымовых газов. Помимо этого, трубчатые печи являются компактными аппаратами, их коэффициент полезного действия высок, они могут обеспечивать высокую тепловую мощность. Продолжительность пребывания нагреваемого сырья в зоне высоких температур не превышает нескольких минут, что уменьшает возможность его разложения и коксоотложения в трубах, вследствие чего при необходимости сырье можно нагревать до более высокой температуры. Печи удобны в эксплуатации, позволяют осуществлять автоматизацию.

В зоне нагрева трубчатых печей одновременно находится относительно небольшое количество нефтепродукта, что снижает пожарную опасность. В случае прогара труб пожар легче устранять [1].

Трубчатая печь имеет камеры радиации и конвекции. В камере радиации (топочная камера), где сжигается топливо, размещена радиантная поверхность (экран), поглощающая тепло в основном за счет радиации.

В камере конвекции расположены трубы, воспринимающие тепло главным образом путем конвекции - при соприкосновении дымовых газов с поверхностью нагрева.

Сырье последовательно проходит через конвекционные и радиантные трубы и поглощает тепло; обычно радиантная поверхность воспринимает большую часть тепла, выделяемого при сгорании топлива.

Тепло эффективно передается излучением при охлаждении дымовых газов до 1000-1200 К. Снижение температуры дымовых газов до более низких значений часто бывает неоправданным, так как при этом радиантная поверхность работает с пониженной теплонапряженностью поверхности нагрева[1].

Эффективность теплопередачи конвекцией в меньшей степени зависит от температуры дымовых газов, поэтому таким способом тепло передается, когда передача тепла излучением оказывается недостаточно эффективной. Таким образом, конвекционная поверхность использует тепло дымовых газов и обеспечивает их охлаждение до температуры, при которой величина коэффициента полезного действия аппарата будет экономически оправданной.

Если тепло дымовых газов может быть использовано для иных целей, например, для подогрева воздуха или для производства водяного пара, то либо наличие конвекционной поверхности для нагрева сырья не является обязательным, либо размеры этой поверхности могут быть существенно уменьшены. При небольшой производительности иногда применяют печи без конвекционной поверхности, более простые в конструктивном отношении, но обладающие невысоким коэффициентом полезного действия[1].

Основными показателями, характеризующими работу трубчатой печи, являются полезная тепловая нагрузка, теплонапряженность поверхности нагрева и топочного пространства, коэффициент полезного действия печи.

Важнейшей характеристикой печи является полезная тепловая нагрузка, т.е. количество тепла, воспринимаемого сырьем в печи (кВт или кДж/ч). На ряде действующих нефтеперерабатывающих заводов эксплуатируются трубчатые печи с полезной тепловой нагрузкой от 10 до 20 МВт. На высокопроизводительных установках тепловая мощность печей составляет 50-80 МВт.

Важным показателем, характеризующим работу трубчатой печи, является теплонапряженность поверхности нагрева, или плотность теплового потока, т.е. количество тепла, переданного через 1 м² поверхности нагрева в единицу времени (Вт/м²)[1].

Различают среднюю теплонапряженность труб всей печи, среднюю теплонапряженность радиантных и конвекционных труб, а также теплонапряженность отдельных участков труб (локальная). Величина тепловой напряженности поверхности нагрева характеризует, насколько эффективно передается тепло через поверхность нагрева всей печи или отдельных ее частей. Чем выше средняя теплонапряженность поверхности нагрева всей печи, тем меньше размеры печи, обеспечивающей передачу заданного количества тепла и, следовательно, тем меньше затраты на ее сооружение[1].

Однако чрезмерно высокая теплонапряженность поверхности нагрева может нарушить нормальную работу печи и привести к прогару труб.

Тепловая напряженность топочного пространства характеризует количество тепла, выделяемого при сгорании топлива в единицу времени в единице объема топки (Вт/м³). Эта величина, в известной мере, характеризует эффективность использования объема топки. Размеры топки трубчатых печей во многих случаях зависят не от величины допустимого удельного тепловыделения, а от конструктивных особенностей печи и допускаемой величины теплонапряженности поверхности нагрева радиантных труб. В трубчатых печах теплонапряженность топочного пространства обычно составляет 40-80 кВт/м³, тогда как в паровых котлах,

где объем топчного пространства в основном предопределяется условием полного сгорания топлива, эта величина значительно больше (600-2000 кВт/м³).

Коэффициент полезного действия трубчатой печи есть величина, характеризующая полезно используемую часть тепла, выделенного при сгорании топлива. При полном сгорании топлива эта величина зависит главным образом от коэффициента избытка воздуха и температуры дымовых газов, выходящих из печи, а также от степени тепловой изоляции трубчатой печи. Снижение коэффициента избытка воздуха так же, как и понижение температуры отходящих дымовых газов, способствует повышению к.п.д. печи. При подсосе воздуха через неплотности кладки коэффициент избытка воздуха повышается, что приводит к снижению к.п.д. печи. Для трубчатых печей значение коэффициента полезного действия находится в пределах от 0,65 до 0,85[1].

Т а б л и ц а 1.1 – Техническая характеристика печи

Показатели	Нагреваемый продукт	
	Битумный раствор	Водяной пар
Расход продукта, кг/час	7500	80
Температура на входе, °С	65	170
Температура на выходе, °С	260	260
Давление на входе, МПа	4,0	1,1
Давление на выходе, МПа	1,4	1,08
Давление расчетное, МПа	4,0	1,1
Размеры труб змеевика, мм	60x6	60x6
Количество труб в камере конвекции	104	2
Количество витков змеевика радиантного	45	-
Количество потоков, шт	1	1
Тепловая нагрузка на паток, Гкал/час	1,29	0,0084
Тепловая нагрузка всего, Гкал/час	1,2984	
Доля отгона на выходе, %	48	100
Коэффициент использования топлива, %	79,66	

2 Анализ изготавливаемой конструкции на технологичность

2.1 Общие требования к изготовлению трубчатой печи

Конструкция трубчатой печи должна соответствовать климатическим условиям площадки строительства.

Змеевики для трубчатых печей выполняются по РД 26-02-80-2004 «Змеевики сварные для трубчатых печей. Требования к проектированию, изготовлению и поставке»[2].

Расчетным давлением змеевика следует считать давление срабатывания предохранительных клапанов на выкиде сырьевого насоса или компрессора либо максимально развиваемое давление, если клапан не установлен.

Максимальная температура стенки труб змеевика должна определяться для наиболее теплонапряженной трубы при максимальном локальном тепловом потоке, определяемом с учетом неравномерности распределения тепловой нагрузки по окружности и длине/высоте трубы[2].

Материал змеевиков должен быть выбран максимально стойким (в том числе при нормальной температуре) к коррозии от нагреваемых сред; он должен допускать теплосмены без нарушения механических свойств, в том числе ударной вязкости.

Расчет толщины стенки труб змеевиков должен производиться для максимальной расчетной температуры и расчётного давления при расчётном сроке службы змеевиков 100000 часов в соответствии с действующей нормативно технической документацией.

Величина прибавки на коррозию и эрозию должна назначаться в соответствии с расчетным сроком эксплуатации змеевика[2].

В случае использования конвективных змеевиков для получения или перегрева водяного пара, должна быть обеспечена гарантия наличия в этих змеевиках воды, пароводяной эмульсии или водяного пара в количестве, обеспечивающем расчетную температуру змеевиков, или параметры труб змеевиков должны быть назначены по температуре продуктов сгорания.

Конструкция змеевика должна быть сварная. Фланцевые пары могут

быть установлены на потоках на входе и выходе из печи.

Все соединения змеевиков, куда подходят трубы с одинаковым наружным диаметром, должны быть приварными встык. При соединении труб с разными наружными диаметрами должны применяться переходы только с одним дополнительным швом. Конструкция и размеры переходов должны удовлетворять требованиям ГОСТ 17378.

Конструкция змеевиков должна обеспечивать возможность неразрушающего контроля сварных соединений.

Независимо от крепления радиантных и конвективных труб и пучков, должна быть обеспечена компенсация расширения между зонами конвекции и радиации[2].

На период гидравлических испытаний змеевики печей, подверженные испытанию водой или другим жидким агентом, должны быть оборудованы дренажными устройствами и воздушниками.

Конструкция радиантного змеевика должна позволять его поставку габаритными блоками из шести и более труб с приварными двойниками или отводами и гидроиспытанными в организации - изготовителе.

Змеевик трубчатой печи, по требованию Заказчика и с учетом возможности его транспортировки, может поставляться:

- россыпью - отдельно трубы, отводы, решетки;
- «костылями» - к трубе приварен отвод на 180°;
- «шпильками» - две трубы, соединенные отводом 180°;
- секциями - несколько труб, соединенных отводами на 180° совместно с элементами крепления или без них;
- пакетами - пучок соединенных между собой труб с трубными решетками.

Допускается в исключительных случаях, по согласованию с заказчиком, конструкция печи, обеспечивающая возможность технического освидетельствования и ремонта змеевиков и футеровки после полного или частичного демонтажа змеевиков из печи[2].

Разработчик такой конструкции трубчатой печи должен в технической

документации указать методику, периодичность и объем контроля труб (змеевиков), выполнение которых обеспечит своевременное выявление и устранение дефектов.

При разработке конструкции трубчатой печи должны учитываться Правила перевозки грузов железнодорожным, водным и автомобильным транспортом.

Предпочтение должно отдаваться габаритным печам или габаритным комплектным блокам, состоящим из змеевиков, узлов металлоконструкций и футеровки.

При конструировании змеевиков независимо от металлоконструкций должна быть обеспечена их максимальная заводская готовность и блочность.

Конструкция и схема змеевиков трубчатой печи должны обеспечивать эффективный теплоподвод к стенкам труб.

Температура стенок труб змеевиков не должна превышать величины, принятой в расчетах на прочность.

Продуктовые змеевики трубчатых печей должны быть, по возможности, самодренлируемыми. На дренажных линиях должны быть предусмотрены запорные органы с дистанционным управлением.

Конструкция трубчатой печи должна обеспечивать возможность равномерного прогрева её элементов при пуске и нормальном режиме работы, а также возможность свободного теплового расширения отдельных её элементов[2].

Конструкция газоходов должна исключать возможность образования взрывоопасного скопления газов, а также обеспечивать необходимые условия для очистки газоходов от отложений продуктов сгорания.

Выход продуктов сгорания из топочной камеры должен быть симметричным, обеспечивающим равномерное омывание труб конвективного змеевика.

Первые два - четыре ряда труб конвективного змеевика выполняются

гладкими, возможно, с увеличенным шагом труб.

Печь должна быть снабжена люками-лазами, гляделками, лючками для розжига горелок и взрывными клапанами.

Размещение и количество гляделок должно обеспечивать обзор всех труб и подвесок радиантного змеевика, а также факелов горелок.

Тип системы очистки наружной поверхности конвективного змеевика выбирается разработчиком и согласуется с заказчиком.

Печь должна быть оснащена системой лестниц и площадок для обслуживания змеевиков, управления работой горелок, приборов КИП, систем очистки поверхностей нагрева, шиберов.

Металлоконструкции печей должны иметь общий контур заземления.

Дымовые трубы, если они устанавливаются на печах и являются неотъемлемой частью конструкции печи (определяющей параметры тракта дымовых газов) и должны выполняться в соответствии с действующими нормативными документами и ОСТ 26.260.758-2003 «Конструкции металлические»[2].

Печь должна быть оснащена системой низковольтного электропитания (36 в) для подключения переносных светильников.

КПД каждой печи с утилизационным оборудованием должен быть не менее 83 %, в отдельных случаях, по согласованию с Заказчиком, допускается меньшая величина КПД.

Как правило, каждый технологический поток целевого назначения должен иметь независимый регулируемый нагрев.

При пропуске через печь технологического потока целевого назначения несколькими потоками, все потоки должны иметь симметричный нагрев, симметричную раздачу всего продукта технологического потока. При этом, количество потоков должно быть минимально возможным.

Отбор дымовых газов из топки/топок печей должен быть симметричным относительно расположения труб в вертикальных экранах с горизонтальными и вертикальными трубами[2].

Пересечение потоками газов сгорания экранных труб зоны радиации, кроме труб «ударных» экранов перед конвекционными камерами и многопоточных змеевиков печей риформинга (связанных горячими трубопроводами с реакторами), не допускается.

Мазутное топливо должно быть подогрето до температуры обеспечивающей вязкость перед форсункой соответственно ее характеристике[2].

Жидкое топливо на печь должно подаваться по кольцевой циркуляционной системе рассчитанной на двойной расход.

Топливный газ перед горелками не должен иметь конденсата.

Пилотные горелки должны снабжаться топливным газом по отдельной от основных горелок топливной линии и иметь дистанционный и местный розжиг (нажатием кнопки оператором по месту).

Забор топливного газа от коллектора в заборную трубу не должен производиться из нижней части коллектора.

Расчёт минимального пожарного разрыва от трубчатых печей до другого оборудования проводить от наружной обшивки печей[2].

2.2 Выбор материала сварных змеевиков

При выборе материалов печных змеевиков должны учитываться: расчетное давление, максимальная расчетная температуры стенки, химический состав и характер среды, технологические свойства и коррозионная стойкость материалов.

Материал элементов крепления змеевика выбирается в зависимости от температуры элемента, состава газовой среды, способа изготовления элементов (литье или сварка)[3].

В технически обоснованных случаях допускается применение сварных соединений из сталей разных структурных классов при условии обязательного согласования со специализированной организацией.

Качество и характеристика применяемых материалов должны быть подтверждены сертификатами организаций - поставщиков материалов. При отсутствии сертификатов испытания материалов производятся на предприятии-изготовителе змеевиков в соответствии с требованиями стандартов или технических условий на данный материал[3].

По РД 26-02-80-2004 выбираем материал сварных змеевиков для трубчатой печи. По таблице 9 выбираем материал в зависимости от температуры стенки, °С и давления, МПа(кгс/см²) не более. В нашем случае максимальная температура на выходе T=260°С, давление 4МПа.

Наиболее подходящие материалы это сталь 10, сталь 20 ГОСТ 1050.

Выбираем сталь 20

Химический состав и механические характеристики стали 20 представлены в таблицах 2.1, 2.2.

Т а б л и ц а 2.1 – Химический состав стали 20 ГОСТ 1050-88[4]

Марка стали	Химические элементы								
	C	Si	Mn	Cr	Ni	As	Cu	S	P
Сталь 20	0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	≤0,25	≤0,25	≤0,08	≤0,25	≤ 0,04	≤ 0,04

Т а б л и ц а 2.2 – Механические характеристики стали 20 ГОСТ 1050-88 [4]

Сталь	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	Ψ , %	КСУ
Сталь 20	245	470	19	42	39

В таблице 2.3 приведены физические свойства материал

Т а б л и ц а 2.3 – Физические свойства материала сталь 20 ГОСТ 1050-88 [4]

T	E, 10^5	α , 10^6	I	ρ	C	R, 10^9
град	МПа	1/град	Вт/(м· град)	кг/м ³	Дж/(кг· град)	НОм· м
20	2,12	12,3	-	7859	486	-
100	2,08	13,1	51	7834	498	219
200	2,03	13,8	49	7803	514	292
300	1,97	14,3	44	7770	533	381
400	1,89	14,8	43	7736	555	487
500	1,77	15,1	39	7699	584	601
600	1,63	15,2	36	7659	636	758
700	1,40	-	32	7917	703	925
800	-	-	26	7624	703	1094
900	-	-	26	7600	695	1135

Сталь 20 является конструкционной углеродистой качественной сталью. Она обладает повышенной прокаливаемостью, податливостью закалке в масле, в результате чего увеличивается стойкость к деформациям изделия и невозможности трещин. Сталь 20 считается незаменимым материалом в машиностроении. Следует отметить, что детали из углеродистой стали 20, обладают высокими показателями твердости, износостойкости и прочности.

1. Температура ковки °С: начала 1280; конца 750. Охлаждение после деформации на воздухе.

2. Обрабатываемость резанием – в горячекатаном состоянии при HB 126-131 и $\sigma_B=450-490$ МПа.

3. К отпускной хрупкости не склонна[4].

4. Сталь сваривается без ограничений. Наиболее широко применяются: ручная дуговая сварка покрытыми электродами, сварка под флюсом и защитных газах, контактная сварка. Сталь обладает достаточно высокой стойкостью против образования горячих и холодных трещин, не требует дополнительного подогрева и последующей термообработки.

Сталь выплавляется в открытых электродуговых печах, хорошо деформируется в горячем и холодном состоянии[4].

2.2.1 Проверка выбранного материала на образование горячих и холодных трещин

Стойкость против образования горячих трещин при сварке углеродистых и низколегированных сталей может быть оценена из выражения[5]:

$$HCS = \frac{C \cdot (S + P + \frac{Si}{25} + 0,01 \cdot Ni) \cdot 10^3}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V} = \frac{0,2 \cdot (0,04 + 0,04 + \frac{0,2}{25} + 0,01 \cdot 0,2) \cdot 10^3}{3 \cdot 0,5 + 0,2 + 0 + 0} = 1,05$$

Предел прочности стали 20: $\sigma_B = 470$ МПа.

Установлено, что в сварных соединениях сталей с $\sigma_B < 700$ МПа, горячие трещины не образуются при значений $HCS < 4$.

Так как $HCS = 1,05 < 4$, то для нашего сварного соединения из материала стали 20 горячие трещины не образуются.

Сталь 20 не относится к хромомолибдено-ванадиевым сталям, которые склонны к трещинам повторного нагрева. Поэтому проверка на наличие трещин повторного нагрева данной стали является не обязательной.

Проверим сталь 20 на наличие холодных трещин[5].

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{5} + \frac{V}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15} = 0,2 + \frac{0,5}{6} + \frac{0,2}{5} + 0 + 0 + \frac{(0,2 + 0,2)}{15} = 0,35$$

Так как $C_3 = 0,35 < 0,4$, значит при сварке сталь не склонна к образованию холодных трещин.

3. Разработка вариантов технологического процесса изготовления изделия

Из приведённых способов сварки для заданного соединения и толщины металлического листа и пространственного положения возможно применение следующих способов сварки[6]:

1. Сварка в среде инертных газов

1) Автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитного газа

2) Автоматическая сварка под флюсом.

3.1 Выбор сварных соединений для выбранных способов сварки

Для автоматической сварки плавящимся электродом в CO₂ сварки стали 20 воспользуемся ГОСТ 14771-76 для сталей и выберем сварное соединение.

Т а б л и ц а 3.1 – Конструктивные элементы и их размеры для автоматической сварки плавящимся электродом CO₂[7]

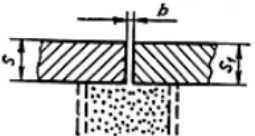

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s=s_1$	b	c	e	g
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва						
C17			УП	Св. 5 до 7	1±1	1±1	8±2	1±1

$$\alpha=20\pm 2^\circ$$

Для автоматической сварки под флюсом для сварки стали 20

воспользуемся ГОСТ 8713-79 и выберем сварное соединение.

Т а б л и ц а 3.2 – Конструктивные элементы и их размеры для автоматической сварки под флюсом[8]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s=s_1$	b Номин.	e Номин.	g Номин.
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва					
C4			АФФ	Св. 6 до 7	$2\pm 1,5$	21 не более	0,5-3,0

Величина e_1 должна быть от 4мм до $0,5 \cdot e$

Величина g_1 от 0-3,0мм.

4 Расчет режимов сварки для проектных методов сварки

Автоматическая сварка плавящимся электродом в среде защитного газа

Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности .

Для определения площади наплавленного металла обратимся к ГОСТ 14771-76 для сварки сталей.

При сварке стыковых соединений диаметр электрода зависит от толщины материала.

Принимаем $d_{эл}=2\text{мм}$ [9]

Рассчитаем общую площадь наплавки:

$$F_H = S \cdot b + (S - c)^2 \cdot \text{tg}\alpha + 0,75 \cdot e \cdot g = 6 \cdot 1 + 0,5 \cdot (6 - 1)^2 \cdot \text{tg}20^\circ + 0,75 \cdot 8 \cdot 1 = 16,55 \text{мм}^2$$

Глубина провара (h) при сварке с первой стороны определяется по формуле(4.1)[9]:

$$h = \frac{S}{2} \pm 2 = \frac{6}{2} \pm 2 = 1 - 5 \text{мм} \quad (4.1)$$

Силу сварочного тока определяют по таблице 9[9]:

$$I = (70 - 80) \cdot h = 70 \cdot (1 - 5) = 70 - 350 \text{А}$$

Принимаем $I_{св}=200\text{А}$

Напряжение на дуге при автоматической сварке плавящимся электродом изменяется в пределах 20 – 25 В[9].

Принимаем $U=22\text{В}$.

Максимальное сечение однопроходного шва $F_1=10\text{мм}^2$. Находим количество проходов по формуле(4.2)[9]:

$$n = \frac{F_H}{F_1} = \frac{16,5}{10} = 1,65 \approx 2 \quad (4.2)$$

Коэффициент расплавления по формуле(4.3)[9]:

$$\alpha_p = 3 + 0,08 \cdot \frac{I}{d} = 3 + 0,08 \cdot \frac{200}{2} = 11 \text{г} / \text{А} \cdot \text{ч} \quad (4.3)$$

Принимая коэффициент потерь $\psi = 5\%$, определим коэффициент наплавки:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi) = 11 \cdot (1 - 0,05) = 10,45 \text{ г/А} \cdot \text{ч} \quad (4.4)$$

Принимая площадь наплавки одного слоя $F_H = 0,16 \text{ см}^2$, определим скорость сварки согласно выражению(4.5)[9]:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I}{100 \cdot F_H \cdot \rho}, \text{ где} \quad (4.5)$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/А·час ($\alpha_n=10,45$ г/А·час);

ρ – плотность наплавленного металла, г/см³ (7,85 г/см³ – для стали 20);

F_H – площадь поперечного сечения наплавленного металла стыкового шва, см²;

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А.

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I}{100 \cdot F_H \cdot \rho} = \frac{10,45 \cdot 200}{100 \cdot 0,16 \cdot 7,85} = 16,64 \text{ м/ч}$$

Скорость подачи электродной проволоки по формуле(4.6)[9]:

$$V_n = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 11 \cdot 200}{\pi \cdot 2^2 \cdot 7,85} \approx 89,25 \text{ м/ч} \quad (4.6)$$

Автоматическая сварка под флюсом

Выбираем сварное соединение по ГОСТ 8713-79 Сварка под флюсом.

Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

Для сварки выбираем шов ГОСТ 8713-79-С4-АФп.

Определим площадь наплавленного металла:

$$F_H = S \cdot b + 0,75 \cdot (e \cdot g + e_1 \cdot g_1) = 6 \cdot 2 + 0,75 \cdot (15 \cdot 2 + 5 \cdot 2) = 42 \text{ мм}^2$$

Расчет режима сварки начинают с того, что задают требуемую глубину провара при сварке с первой стороны, которая устанавливается равной[9]:

$$h = \frac{S}{2} \pm (1 - 3) = \frac{6}{2} \pm 2 = 1 - 5 \text{ мм} \quad (4.7)$$

где S – толщина металла, мм.

Силу сварочного тока, необходимую для получения заданной глубины проплавления основного металла, рассчитывают по формуле[9]:

$$I = (80 - 100) \cdot h = 90 \cdot (1 - 5) = 90 - 450 \text{ A} \quad (4.8)$$

Принимаем $I_{св}=400 \text{ A}$

Плотность тока при таком токе находится в диапазоне $45-90 \text{ A/мм}^2$.

По таблице 17[9] выбираем диаметр электрода $d_{эл}=3 \text{ мм}$.

Количество проходов находим по формуле:

$$n = \frac{F_H}{F_1} = \frac{42}{20} = 2,1 = 2 \text{ прохода}$$

Коэффициент расплавления согласно формуле(4.3)[9]:

$$\alpha_p = 3 + 0,08 \cdot \frac{I}{d} = 3 + 0,08 \cdot \frac{450}{3} = 15 \text{ г / A} \cdot \text{ч}$$

Принимая коэффициент потерь $\psi = 5\%$, определим коэффициент наплавки:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi) = 15 \cdot (1 - 0,05) = 14,25 \text{ г / A} \cdot \text{ч}$$

Скорость сварки вычисляется по формуле [9]:

$$V_{св} = \frac{(9-12) \cdot 10^3}{I_{св}} = \frac{(9-12) \cdot 10^3}{450} = 20 - 26,66 \text{ м / ч} \quad (4.9)$$

Скорость сварки принимаем: $V_{св}=27 \text{ м/ч}$

Скорость подачи электродной проволоки по формуле(4.6)[9]:

$$V_n = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 15 \cdot 450}{\pi \cdot 3^2 \cdot 7,85} \approx 121,708 \text{ м / ч}$$

Т а б л и ц а 4.1 Ориентированные режимы для автоматической сварки под флюсом[10].

$d_{эл}, \text{ мм}$	$I_{св}, \text{ A}$	$j, \text{ A/мм}^2$	$K_{напл}, \text{ г/A} \cdot \text{ч}$	$h_{пр}, \text{ мм}$
3,0	650	92	15,5	11
4,0	850	67,7	14,5	12

Т а б л и ц а 4.2 Ориентированные режимы для автоматической сварки плавящимся электродом[10].

Толщина металла, мм	$d_{эл}$	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость сварки, м/ч	Расход защитного газа, на один слой, л/мин
6-12	2	250-300	28-30	16-20	18-20

5 Выбор сварочных материалов для проектных методов сварки

Автоматическая сварка плавящимся электродом в среде защитного газа

Для материала стали 20 выбираем сварочную проволоку 2 Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70.

В качестве защитного газа выбираем защитный газ: Углекислый газ CO_2 по ГОСТ 8050-85[10].

Автоматическая сварка под флюсом

Для материала стали 20 выбираем сварочную проволоку 3 Св-08А по ГОСТ 2246-70.

В качестве защитного флюса выбираем для стали 20 флюс: АН-348-А[10]

6. Подбор сварочного оборудования

Автоматическая сварка плавящимся электродом в CO₂

1) Сварочный автомат ESAB A6 S Arc Master с блоком управления РЕК А2/А6 в комплекте с ИП LAF[11]

2) Сварочный автомат А-1406 с источником питания ВДУ-1000

Т а б л и ц а 6.1 . Основные технические характеристики автомата ESAB A6 S Arc Master [11]

Технические характеристики	ESAB A6 S Arc Master
Диаметр проволоки, мм	1,6-4,0
Макс. Ток (ПВ 100 %), а	1500
Скорость подачи проволоки, м/мин	0,5-8
Скорость перемещения, м/мин	0,1-1,7
Угол наклона и поворота, град	180
Цена, руб	354780

Сварочный автомат автомата ESAB A6 S Arc Master работает с источниками питания LAF цена 564590 руб, характеристики которых приведены в таблице 6.2

Т а б л и ц а 6.2 Основные технические данные выпрямителей серии LAF[11]

	LAF 631	LAF 1001	LAF 1251
Напряжение сети, в/Гц	400/50-60	400/50-60	400/50-60
Макс. Сварочный ток при ПВ 100%, А	630/44	800/44	1250/44
Диапазон регулирования, А/В	30/21 800/44	40/22 1000/45	40/22 1250/46
Напряжение холостого хода, В	54	52	51
Кпд при максимальном токе	0,84	0,84	0,87
Габариты ДхШхВ, мм	670x490x930	646x552x1090	774x598x1428
Масса, кг	260	330	490

Автомат подвесной А-1406 предназначен для дуговой сварки и наплавки сплошной и порошковой проволокой низкоуглеродистых и легированных сталей, титана[12].

Автомат обеспечивает следующие способы наплавки: в среде защитного газа; открытой дугой порошковой проволокой и лентой; под слоем флюса сплошной проволокой. Диаметр проволоки сплошной 1,2-5,0 мм., диаметр проволоки порошковой 2,0-3,0 мм. Обеспечивает наплавку открытой дугой, в среде защитного газа, под флюсом. Устанавливается на наплавочные станки. Сварка производится на постоянном токе с независимыми от параметров дуги скоростями сварки и подачи электродной проволоки. Цена: 392500руб.



Рисунок 6.1 – Сварочная головка А - 1406[12]

Т а б л и ц а 6.3 – Технические характеристики автомата сварочного А-1406[12]

Технические характеристики	А-1406 (источник 1000а)
Номинальное напряжение сети, В	380
Частота тока питающей сети, ГЦ	50
Номинальный сварочный ток, а при ПВ=100%	1000
Диапазон регулирования сварочного тока, А	250 - 1000
Количество электродов, шт	1
Диаметр электродной проволоки, мм: - сплошной - порошковой	1,2-2,0;2,0-5,0 2,0 - 3,0
Пределы плавного регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/ч	17 - 553
Вертикальное перемещение сварочной головки: - ход, мм - скорость, м/ч	500 29,4
Поперечное перемещение сварочной головки: - ход, мм - скорость, м/ч	±70 от руки
Регулировка угла наклона электрода (мундштука), град	±30 ручное
Флюсоаппаратура: - объем, дм ³ - расход воздуха, м ³ /ч - высота всасывания флюса, м	40 20 2
Масса, кг: - сварочной головки -выпрямителя	185 360
Габаритные размеры, мм: - сварочной головки -выпрямителя	1010×890×1725 695x610x1105

Универсальный сварочный выпрямитель ВДУ-1000 используется как источник тока при комплектации сварочных автоматов. ВДУ-1000 (сварочный выпрямитель) вместе со сварочным автоматом используются для автоматической сварки плавящимся электродом и сварки под флюсом на постоянном токе. Цена выпрямителя 306543 руб.

Основные преимущества выпрямителя ВДУ-1000[13]:

Надежное зажигание и устойчивое горение сварочной дуги

Функция защиты от перегрева

Возможна местная и дистанционная регулировка сварочных параметров

Небольшой вес и энергопотребление источника в сравнении с аналогами

ВДУ-1000 имеет 2 вида внешних жестких вольт-амперных характеристик

Для наплавки и сварки под слоем флюса

Класс изоляции II (ГОСТ 8865-70)



Рисунок 6.2 – Универсальный сварочный выпрямитель ВДУ-1000[13]

Проверим сварочный выпрямитель ВДУ-1000 на перегрев:

посчитаем допустимый ПНд% для ВДУ-1000

$$ПН_о \% = ПН_н \% \cdot \frac{I_H^2}{I_{\max}^2} = 60\% \cdot \frac{1000^2}{200^2} = 100\%$$

для автоматической сварки ПНз =90%

значит ПНд > ПНз следовательно ВДУ-1000 будет работать нормально

Для серийного производства во многих случаях экономичнее оказывается использовать специализированный автомат, имеющий низкую цену, малую массу и небольшие габариты, а также автомат должен удовлетворять всем технологическим параметрам. Выбираем сварочный автомат А-1406 с выпрямителем ВДУ-1000, который удовлетворяет технологическим параметрам, также он используется для сварки сталей.

Автоматическая сварка под флюсом

Для сварки кольцевого шва изделия используют сварочную головку автомата с ручным позиционированием - АДФ-1250 с ВДУ-1250 Цена 432421руб. Технические характеристики ВДУ-1250 приведены в таблице 6.5.

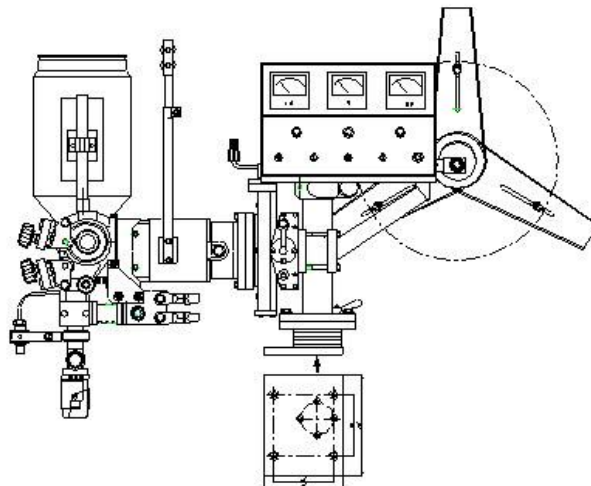


Рисунок 6.3 – Сварочная головка АДФ - 1250[14]

Головка автомата АДФ-1250 для дуговой сварки плавящимся электродом, с естественным охлаждением токопроводящей части сварочной головки и сопла, с плавным регулированием скорости подачи электродной

проволоки, предназначена для комплектации сварочного оборудования, используемого для автоматической однослойной и многослойной сварки под флюсом на постоянном токе прямолинейных стыковых и угловых швов, швов в "тавр" и стыковых швов с разделкой и без разделки кромок. Сварка осуществляется стальной электродной проволокой. Сварочная головка комплектуется микропроцессорным блоком управления автомата дуговой сварки АДФ-1250 – рисунок 6.4[14]



Рисунок 6.4 – Блок управления сварочной головкой АДФ – 1250[14]

Блок управления в составе сварочной головки обеспечивает:

- плавную регулировку скорости подачи электродной проволоки сварочного

тока;

- стабилизацию скорости подачи проволоки;
- индикацию величины сварочного тока и напряжения;
- предварительную установку (сварочного напряжения);
- предварительная установка и запоминание времени заварки кратера и времени растяжки дуги[14];

Т а б л и ц а 6.4 – Технические характеристики сварочной головки АДФ – 1250[14]

Номинальное напряжение однофазной питающей сети частотой 50 Гц, В	42
Номинальный сварочный ток (при продолжительности включения ПВ = 100%), А	1250
Пределы регулирования сварочного тока, А	Определяются используемым источником питания
Диаметры электродной проволоки, мм	2 – 5*
Пределы регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/ч (м/мин)	12 ...360 (0,2 ... 6,0)
Мощность электропривода, Вт	250
Напряжение питания электропривода, В	48 постоянный
Угол поворота сварочной головки относительно вертикальной оси, град	±90
Угол поворота сварочной головки вокруг горизонтальной оси, град	±45
Угол наклона токоподвода относительно вертикальной оси, град	+45 («углом вперед») –30 («углом назад»)
Ход вертикального суппорта, мм	100
Ход горизонтального суппорта, мм	100
Вместимость барабана (с внутренней заправкой проволоки) не более, кг	20
Вместимость кассетного устройства (для мотков проволоки) или кассеты (с наружной намоткой проволоки) не более, кг	30
Ёмкость бункера для флюса не менее, дм ³	10
Цена, руб	219600

Т а б л и ц а 6.5 – Технические характеристики выпрямителя ВДУ-1250[15]

Наименование параметра	Норма
Напряжение питающей сети, В	3x380
Номинальный сварочный ток, А	1250 (ПН=60%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	250-1250
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	24-56
Напряжение холостого хода, В	85
Номинальная первичная мощность, кВА	120
Номинальное рабочее напряжение, В	56
Габаритные размеры, мм	1080x700x900
Масса, кг	500
Цена, руб	432421

2)Сварочный автомат А-1416 в комплекте с выпрямителем ВДУ-1202



Рисунок 6.5 Сварочная головка А-1416[16]

Т а б л и ц а 6.6 – Технические характеристики сварочной головки А-1416 –[16]

Наименование параметра	А-1416 с ВДУ-1202
Питание сети	380 В, 50 Гц, 3 фазы
Номинальный сварочный ток, А (при ПВ, %)	1000 (80%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	250 - 1250
Диаметр электродной проволоки, мм	1,2-5,0
Пределы регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/ч	47-509
Вертикальное перемещение сварочной головки, ход, мм	250
Поперечное перемещение сварочной головки, ход, мм	±75
Масса головки, кг, не более	320
Масса выпрямителя, кг, не более	570
Габариты головки, мм	960x860x1860
Габариты выпрямителя, мм	1160x690x1025
Цена головки, руб	256789
Цена выпрямителя, руб	333857

Подвесной самоходный аппарат А-1416 предназначен для электродуговой сварки низкоуглеродистых и среднеуглеродистых сталей плавящимся электродом под флюсом на постоянном токе с независимой от параметров дуги скоростью подачи электродной проволоки и скоростью сварки. Ступенчатое изменение скоростей сварки и подачи электродной проволоки обеспечивают безукоризненную повторяемость установленных режимов сварки. Простота схемы делает автоматы высоконадежными. Комплектуется источником ВДУ-1202[16] .



Рисунок 6.6 Выпрямитель ВДУ-1202[17]

Основные особенности выпрямителя ВДУ-1202

- Падающие и жесткие внешние характеристики.
- Плавная регулировка сварочного тока при падающей внешней характеристики, напряжения – при жесткой внешней характеристики.
- Защита тиристоров от перепадов напряжения осуществляется резисторно-емкостной цепью.
- Индикация тепловой перегрузки[17].
- Возможность дистанционного регулирования сварочных параметров.

Проверим источник питания ВДУ-1202 на перегрев:

Посчитаем допустимый ПНд% для ВДУ-1202

$$ПН_о \% = ПН_н \% \cdot \frac{I_H^2}{I_{max}^2} = 80\% \cdot \frac{1000^2}{450^2} = 100\%$$

По заданию для автоматической сварки $ПН_з = 90\%$

Значит выпрямитель ВДУ-1202 будет работать нормально.

Для серийного производства во многих случаях экономичнее оказывается использовать специализированный автомат, имеющий низкую цену, малую массу и небольшие габариты, а также автомат должен удовлетворять всем технологическим параметрам. Выбираем сварочный автомат АДФ-1250 с

Материал представлен <http://kursoviki.ru/unikalnye-raboty-v-pdf>
выпрямителем ВДУ-1250, который удовлетворяет технологическим
параметрам, также он используется для сварки сталей.

7. Расчет экономической эффективности технологических процессов

7.1 Расчет затрат на операцию сварки "Змеевиков" автоматической сваркой плавящимся электродом в CO₂.

При автоматической сварке плавящимся электродом в CO₂ змеевиков используется сварочная проволока 2 Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70.

Масса наплавленного металла вычисляется по формуле(7.1):

$$G_n = F_n \cdot l \cdot \rho, \quad (7.1)$$

где F_n - площадь наплавленного металла за один проход, см²;

l -длина шва, см

ρ - плотность стали($\rho=7,85\text{г/см}^3$)

$$G_n = F_n \cdot l \cdot \rho = 0,16 \cdot 188,4 \cdot 7,85 = 236,6304\text{г}$$

Расход электродной проволоки за 1 проход:

$$G_{np} = G_n \cdot (1 + \psi) = 236,63 \cdot (1 + 0,05) \approx 248,46\text{г} \quad (7.2)$$

Расход электродной проволоки для автоматической сварки плавящимся электродом змеевиков находится по формуле(7.3)[18]:

$$P_{II}^{cm} = n \cdot G_{np} = 2 \cdot 248,46 = 496,92\text{г} \quad (7.3)$$

Т а б л и ц а 7.1 – Расчет стоимости вспомогательных материалов (сварочная проволока)

Марка электрода	Масса, кг	Цена, руб/кг	Денежная стоимость, руб
Св-08Г2С	0,496	102	50,59

Для сварки используется следующее оборудование сварочная головка А-1406. Цена 392000 руб, сварочный выпрямитель ВДУ-1000. Цена 306543 руб. Сварочная колонна КСА. Цена 1250000руб.

Норма времени на операцию сварки рассчитывается по формуле(7.4):

$$H_{ep1} = [(T_0 + T_{e1}) \cdot l \cdot n + T_{e2}] \cdot K, \quad (7.4)$$

где T_0 - основное время сварки одного погонного метра шва, мин;

$T_{в1}$ -вспомогательное время, связанное со свариваемым швом, мин.;

l - общая длина швов, м;

$T_{в2}$ -вспомогательное время, связанное с изделием, мин.;

K - коэффициент, учитывающий время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности и подготовительно-заключительное время;

n - количество проходов сварки[4].

Время горения дуги:

$$t_0 = \frac{G_n}{I \cdot \alpha_n} = \frac{236,63}{200 \cdot 10,45} \approx 0,113ч \quad (7.5)$$

Принимая коэффициент использования поста $k_n = 0,7$, определим полное время сварки:

$$T_0 = \frac{t_0}{k_n} = \frac{0,113}{0,7} \approx 0,16ч = 9,6мин \quad (7.6)$$

$T_{в1}$ -вспомогательное время, связанное со свариваемым швом, включает:

-осмотр и измерение шва - 10 мин.;

-зачистка от брызгов и наплавленного металла - 15 мин.

Всего вспомогательное время, связанное со свариваемым швом равно

$T_{в1} = 25$ мин.

Всего вспомогательное время, связанное с изделием, включает:

-Сборка и разборка изделия - 30 мин.;

-Кантовка изделия при сварке - 20 мин[3].

Всего вспомогательное время, связанное с изделием равно:

$T_{в2} = 50$ мин.

Время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности составляет 10% от основного времени, а подготовительно - заключительное время - 5%. Коэффициент $K=1,15$.

Норма времени на операцию сварки составит по формуле(7.4):

$$H_{сп1} = [(9,6 + 25) \cdot 188,4 \cdot 10^{-3} \cdot 2 + 50] \cdot 1,15 = 72,5мин$$

Время, затраченное на сварку змеевиков автоматической сваркой плавящимся электродом в CO_2 , будет составлять 1 час 20 мин.

Расход газа для $d_3=2\text{мм}$ для одного прохода равен 18-20л/мин.

Рассчитаем время работы оборудования, чтобы посчитать расход защитного газа по формуле(7.7)[4]:

$$T_p = T_0 \cdot l \cdot n = 9,6 \cdot 188,4 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 3,617 \text{ мин} \quad (7.7)$$

Рассчитаем объем израсходованного газа:

$$V = T_p \cdot Q_{3,2} = 3,617 \cdot 18 = 65,106 \text{ л} \quad (7.8)$$

Т а б л и ц а 7.2 – Расчет стоимости вспомогательных материалов (Защитный газ CO_2)

Защитный газ	Объем, л	Цена, руб/л	Денежная стоимость, руб
CO_2	65,106	17	1106,802

В результате расчета стоимости вспомогательных материалов будет составлять 1157,39руб.

Т а б л и ц а 7.3 Расчет заработной платы[4]

Наименование работ(операции)	Кол-во рабочих	Среднечасовая тарифная ставка, руб	Норма времени, час	Расценка, руб
Сварка	1	150	1,20	180
Премия, 40%	-	-	-	72
Дополнительная заработная плата, 20%	-	-	-	36
Страховые взносы, 30%	-	-	-	54
Итого	-	-	-	342

Расчет затрат на эксплуатацию оборудования.

Затраты на эксплуатацию оборудования определяются по формуле:

$$C_{эк} = T_{св} \cdot C_{м-ч.св}, \quad (7.9)$$

где $C_{м-ч.св}$ средняя стоимость машино-часа эксплуатации сварочного оборудования, $C_{м-ч.св} = 100$ руб./ч.

$T_{св}$ – временные затраты на операцию сварки, $T_{св} = 1,2$ ч.

Тогда затраты на содержание и эксплуатацию оборудования составят

$$C_{эк} = 1,2 \cdot 100 = 120 \text{ руб}$$

Расчет общепроизводственных и общехозяйственных расходов[3].

Общепроизводственные и общехозяйственные расходы определяются по формулам:

$$C_{он} = \frac{H_{он} \cdot (C_з + C_{эк})}{100}, \quad (7.10)$$

$$C_{ох} = \frac{H_{ох} \cdot (C_з + C_{эк})}{100}, \quad (7.11)$$

где $C_з$ – затраты на заработную плату основных рабочих, руб.;

$C_{эк}$ – затраты на содержание и эксплуатацию изделия, руб.;

$H_{ох}$ – норма общехозяйственных расходов, 130%;

$H_{он}$ – норма общепроизводственных расходов, 150% [4].

$$C_{он} = \frac{150 \cdot (342 + 120)}{100} = 693 \text{ руб}$$

$$C_{ох} = \frac{130 \cdot (342 + 120)}{100} = 600,60 \text{ руб}$$

7.2 Расчет затрат на операцию сварки "Змеевиком" автоматической сваркой под флюсом

Расчет затрат на материалы.

При сварке обечаек корпуса емкости используется сварочная проволока марки Св-08А по ГОСТ 2246-70.

Масса наплавленного металла:

$$G_n = F_n \cdot l \cdot \rho = 0,42 \cdot 188,4 \cdot 7,85 = 621,15 \text{ г}$$

Расход электродной проволоки:

$$G_{np} = G_n \cdot (1 + \psi) = 621,15 \cdot (1 + 0,05) \approx 652,20 \text{ г}$$

Расход электродной проволоки для автоматической сварки плавящимся электродом змеевиком находится по формуле:

$$P_{II}^{cm} = n \cdot G_{np} = 2 \cdot 652,20 = 1304,4 \text{ г}$$

Т а б л и ц а 7.4 – Расчет стоимости вспомогательных материалов (сварочная проволока)

Марка электрода	Масса, кг	Цена, руб/кг	Денежная стоимость, руб
Св-08А	1,304	680	886,72

Нормы расхода сварочного флюса H_ϕ (кг) сварочного флюса определяются по расходу сварочной проволоки на изделие с учётом типа конструкции элементов сварного соединения[3].

$$H_\phi = k_\phi \cdot P_{II}^{cm}, \quad (7.12)$$

где k_ϕ - коэффициент расхода флюса, учитывающий отношение массы израсходованного флюса к массе сварочной проволоки и зависящий от типа сварочного соединения. Без скоса кромок $k_\phi=1,3$.

$$H_\phi = k_\phi \cdot P_{II}^{cm} = 1,3 \cdot 1,304 = 1,6952 \text{ кг}$$

Флюс, подаваемый в зону сварки из бункера сварочного автомата, расплавляется теплотой дуги и превращается в шлаковую корку. При этом часть флюса (10 – 20 %) остается в исходном состоянии. Остатки нерасплавленного флюса собирают вручную и снова кладутся в бункер. Поэтому количество флюса будет меньше в 1,2 раза[18].

Т а б л и ц а 7.5 – Расчет стоимости вспомогательных материалов (Сварочный флюс)

Марка электрода	Масса, кг	Цена, руб/кг	Денежная стоимость, руб
АН-348-А	1,695	92	155,94

В результате расчета стоимости вспомогательных материалов будет составлять 1042,66 рублей.

Для сварки используется следующее оборудование: Сварочная головка АДФ-1250 цена 219600 руб с выпрямителем ВДУ-1250 цена 432421руб. Сварочную колонну выбираем такую же как и при автоматической сварке плавящимся электродом колонна КСА. Цена 1250000руб.

Норма времени на операцию сварки рассчитывается по формуле(7.4):

$$H_{ep1} = [(T_0 + T_{e1}) \cdot l \cdot n + T_{e2}] \cdot K,$$

где T_0 - основное время сварки одного погонного метра шва, мин;

T_{B1} -вспомогательное время, связанное со свариваемым швом, мин.;

l - общая длина швов, м;

T_{B2} -вспомогательное время, связанное с изделием, мин;

K - коэффициент, учитывающий время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности и подготовительно-заключительное время;

n - количество проходов сварки($n=2$)[18].

Время горения дуги:

$$t_0 = \frac{G_n}{I \cdot \alpha_n} = \frac{621,15}{450 \cdot 14,25} \approx 0,096ч$$

Принимая коэффициент использования поста $k_n = 0,7$, определим полное время сварки:

$$T_0 = \frac{t_0}{k_n} = \frac{0,096}{0,7} = 0,138ч = 8,28мин$$

$T_{в1}$ -вспомогательное время, связанное со свариваемым швом, включает:

- осмотр и измерение шва - 10 мин;
- зачистка от брызгов и наплавленного металла - 15 мин.

Всего вспомогательное время, связанное со свариваемым швом равно $T_{в1} = 25$ мин.

Всего вспомогательное время, связанное с изделием, включает:

- Сборка и разборка изделия - 30 мин;
- Кантовка изделия при сварке - 20 мин.

Всего вспомогательное время, связанное с изделием равно: $T_{в2} = 50$ мин.

Время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности составляет 10% от основного времени, а подготовительно - заключительное время - 5%. Коэффициент $K=1,15$ [18].

Норма времени на операцию сварки составит:

$$H_{оп1} = [(8,28 + 25) \cdot 188,4 \cdot 10^{-3} \cdot 2 + 50] \cdot 1,15 = 70,8мин$$

Время, затраченное на сварку змеевиков автоматической сваркой под флюсом, будет составлять 1 час 18 мин.

Т а б л и ц а 7.6 Расчет заработной платы

Наименование работ(операции)	Кол-во рабочих	Среднечасовая тарифная ставка, руб	Норма времени, час	Расценка, руб
Сварка	1	150	1,18	177
Премия, 40%	-	-	-	70,8
Дополнительная заработная плата, 20%	-	-	-	35,4
Страховые взносы, 30%	-	-	-	53,1
Итого	-	-	-	336,3

Расчет затрат на эксплуатацию оборудования.

Затраты на эксплуатацию оборудования определяются по формуле(7.9):

$$C_{\text{ЭК}} = T_{\text{св}} \cdot C_{\text{м-ч.св}},$$

где $C_{\text{м-ч.св}}$ средняя стоимость машино-часа эксплуатации сварочного оборудования, $C_{\text{м-ч.св}} = 100 \text{руб./ч.}$

$T_{\text{св.}}$ – временные затраты на операцию сварки, $T_{\text{св.}} = 1,18 \text{ ч.}$

Тогда затраты на содержание и эксплуатацию оборудования составят

$$C_{\text{ЭК}} = 1,18 \cdot 100 = 118 \text{руб}$$

Расчет общепроизводственных и общехозяйственных расходов.

Общепроизводственные и общехозяйственные расходы определяются по формулам:[19]

$$C_{\text{оп}} = \frac{H_{\text{оп}} \cdot (C_{\text{з}} + C_{\text{ЭК}})}{100},$$

$$C_{\text{ох}} = \frac{H_{\text{ох}} \cdot (C_{\text{з}} + C_{\text{ЭК}})}{100},$$

где $C_{\text{з}}$ – затраты на заработную плату основных рабочих, руб.;

$C_{\text{ЭК}}$ – затраты на содержание и эксплуатацию изделия, руб;

$H_{\text{ох.}}$ – норма общехозяйственных расходов, 130%;

$H_{\text{оп.}}$ – норма общепроизводственных расходов, 150% [19].

$$C_{on} = \frac{150 \cdot (336,3 + 118)}{100} = 681,45 \text{ руб}$$

$$C_{ox} = \frac{130 \cdot (336,3 + 118)}{100} = 590,59 \text{ руб}$$

Т а б л и ц а 7.7 – Расчет экономического эффекта от использования проектного варианта на одно оборудование.

Наименование статей расходов	Автоматическая сварка плавящимся электродом в CO ₂ , руб.	Автоматическая сварка под флюсом, руб.	Экономический эффект, руб.
Стоимость сварочного оборудования	1948543	1902021	46522
Сварочные материалы	1157,39	1042,66	114,73
Заработная плата	342	336,3	5,7
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	120	118	2
Общепроизводственные расходы	693	681,45	11,55
Общехозяйственные расходы	600,60	590,59	10,01
Производственная себестоимость сварки змеевиков.	1951455,99	1904790	46665,99

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной курсовой работе мы разобрали технологию изготовления змеевиков трубчатой печи для установки атмосферно-вакуумной трубчатки. Был проведен экономический анализ изготовления двумя способами сварки: автоматическая сварка плавящимся электродом в среде CO_2 и автоматическая сварка под флюсом.

В ходе расчётов выяснилось, что автоматическая сварка под флюсом производительнее чем автоматическая сварка плавящимся электродом в CO_2 .

Так же с экономической точки зрения автоматическая сварка под флюсом выгоднее чем автоматическая сварка плавящимся электродом в CO_2 . Экономический эффект при изготовлении змеевиков одного комплекта составляет 46665,99 руб.

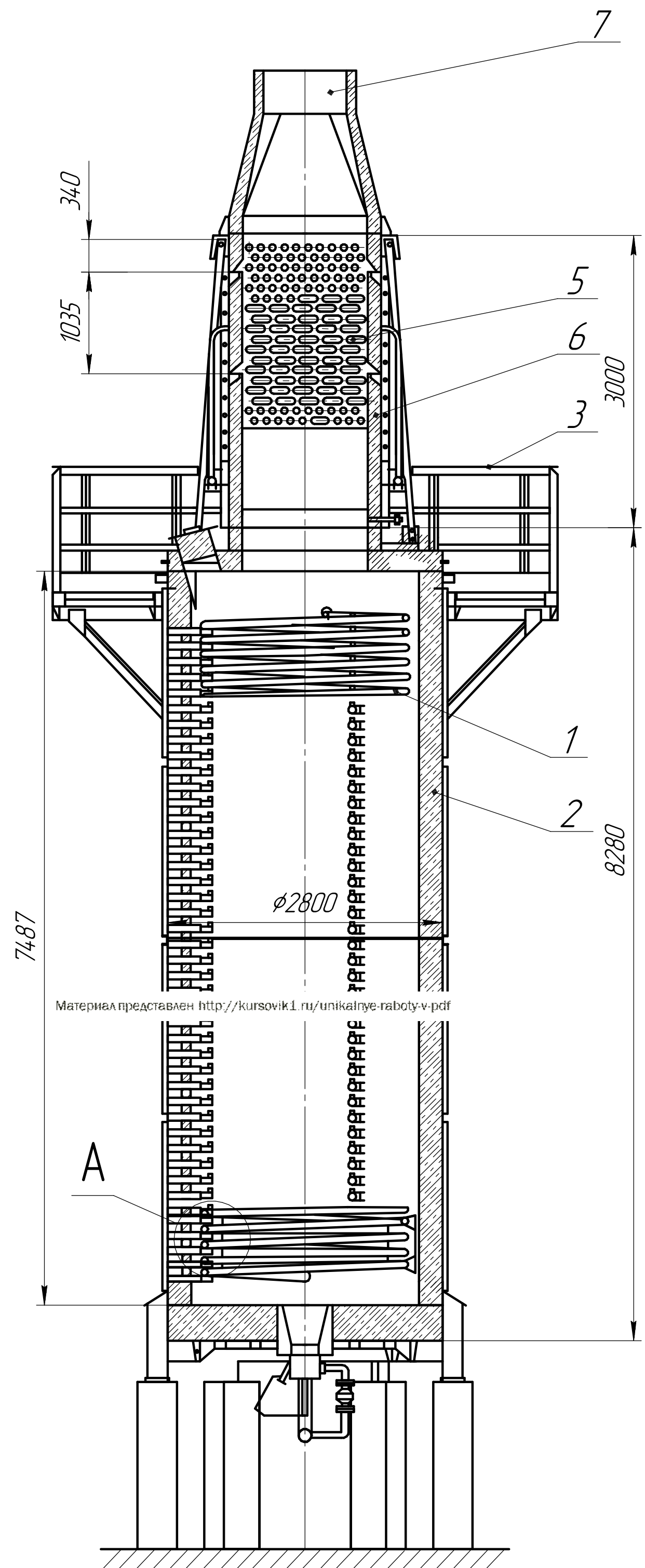
При многосерийном производстве автоматическая сварка под флюсом будет ещё более выгодной. Так как качество сварного шва не зависит от опыта сварщика и других человеческих фактором при автоматической сварке мы получим более качественное сварное соединения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

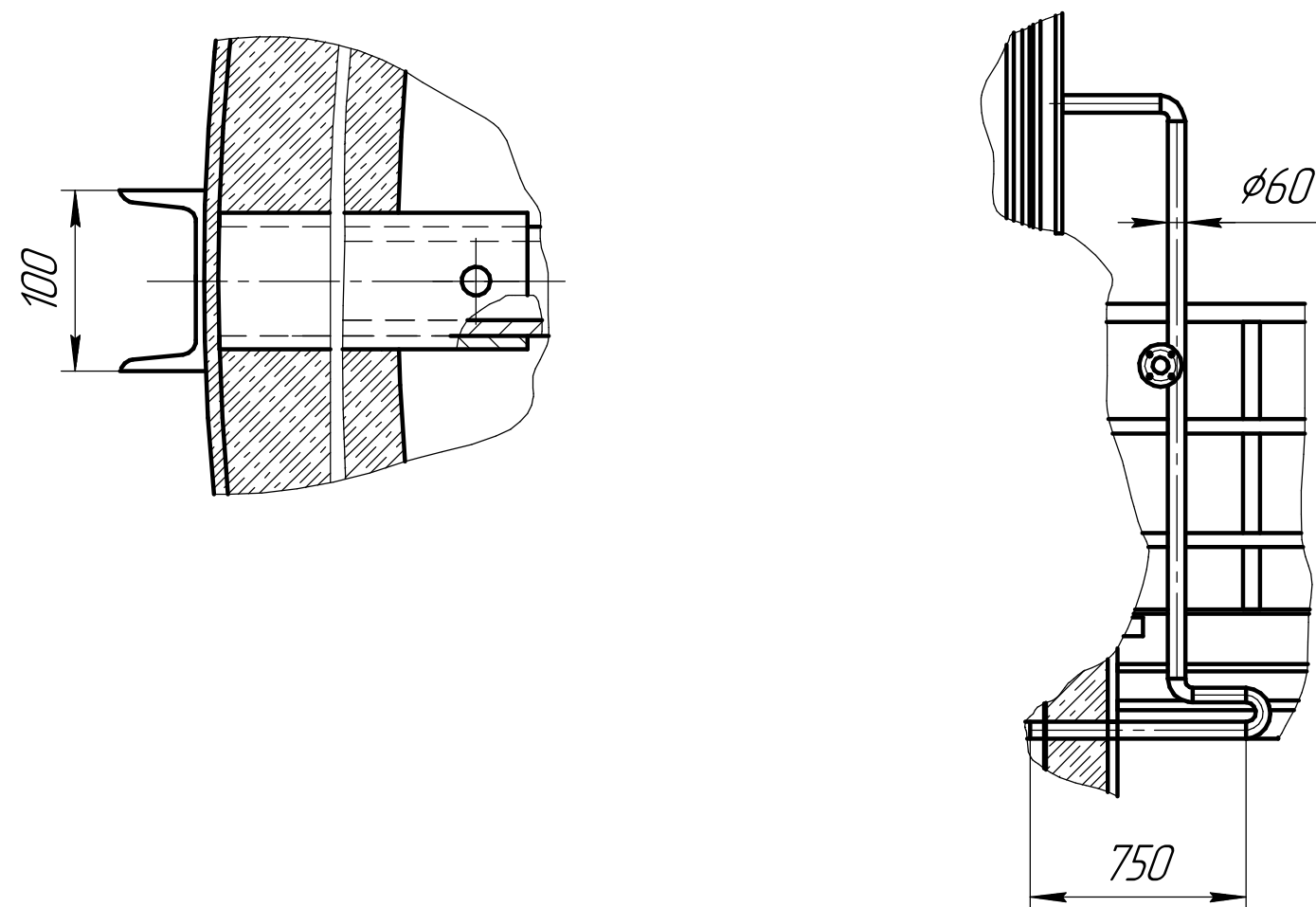
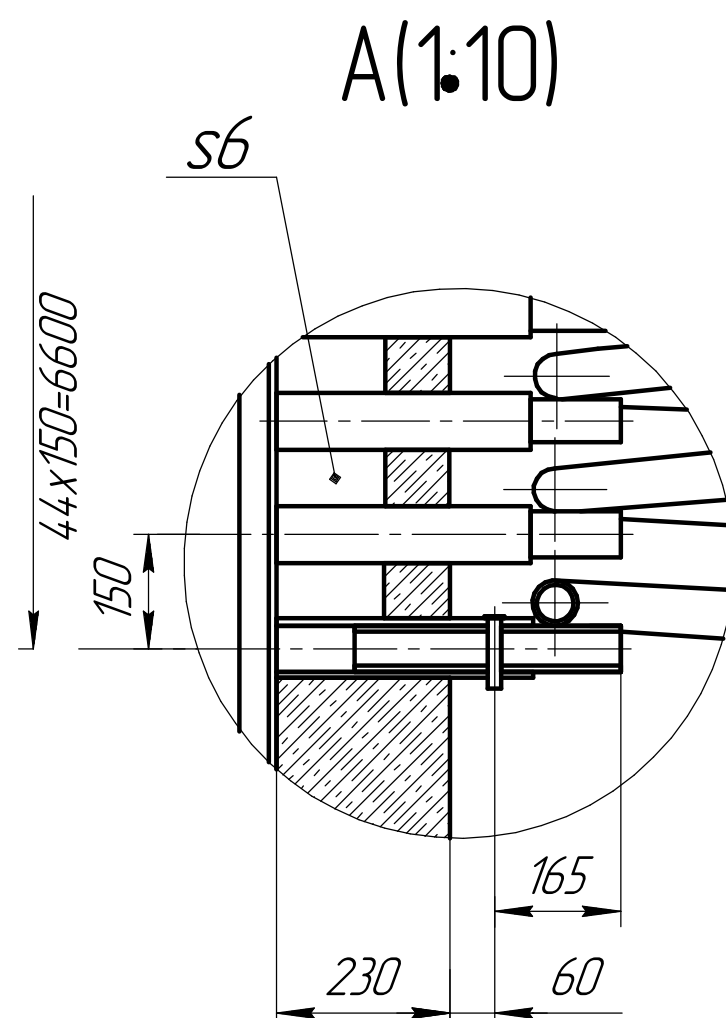
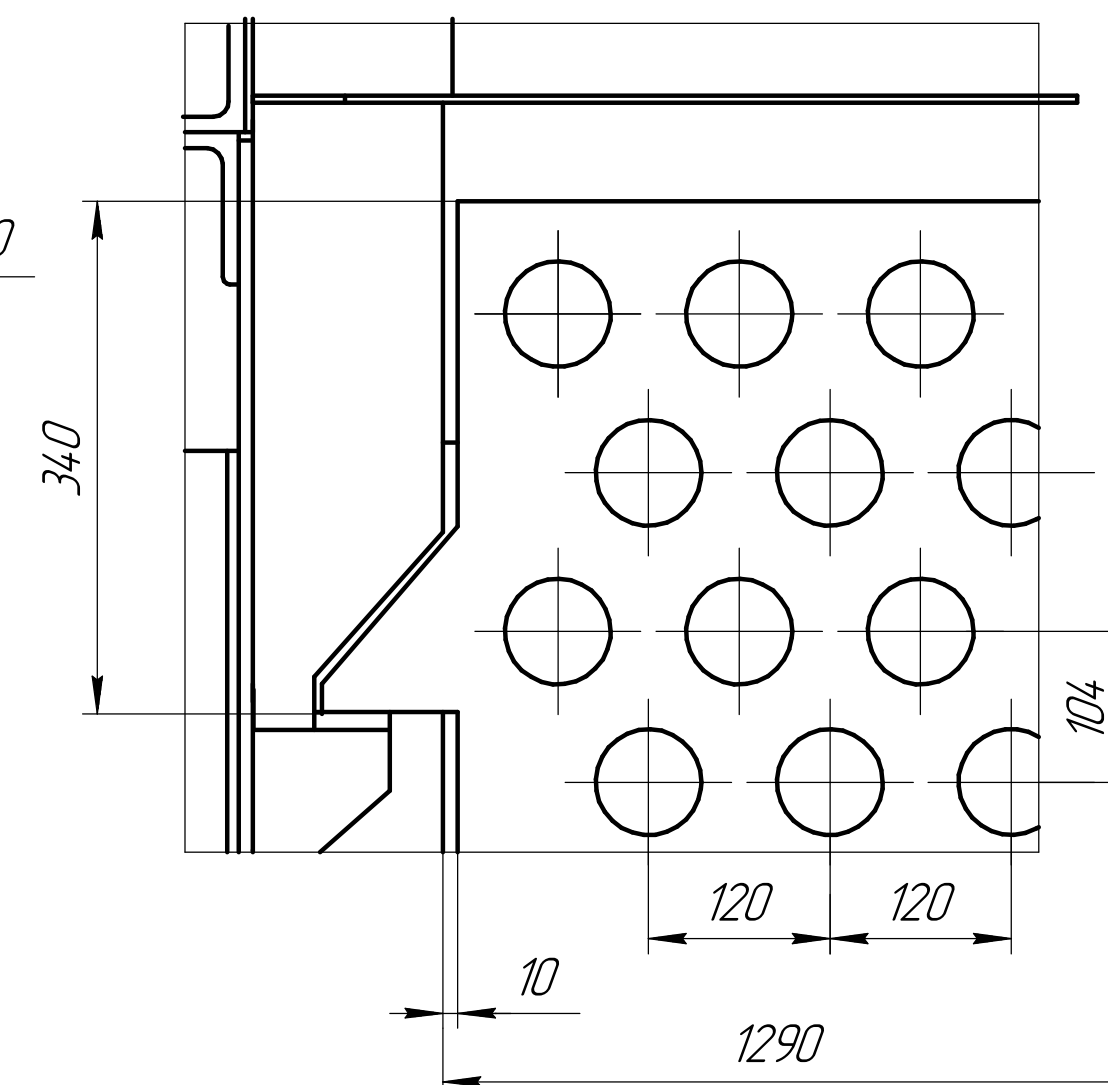
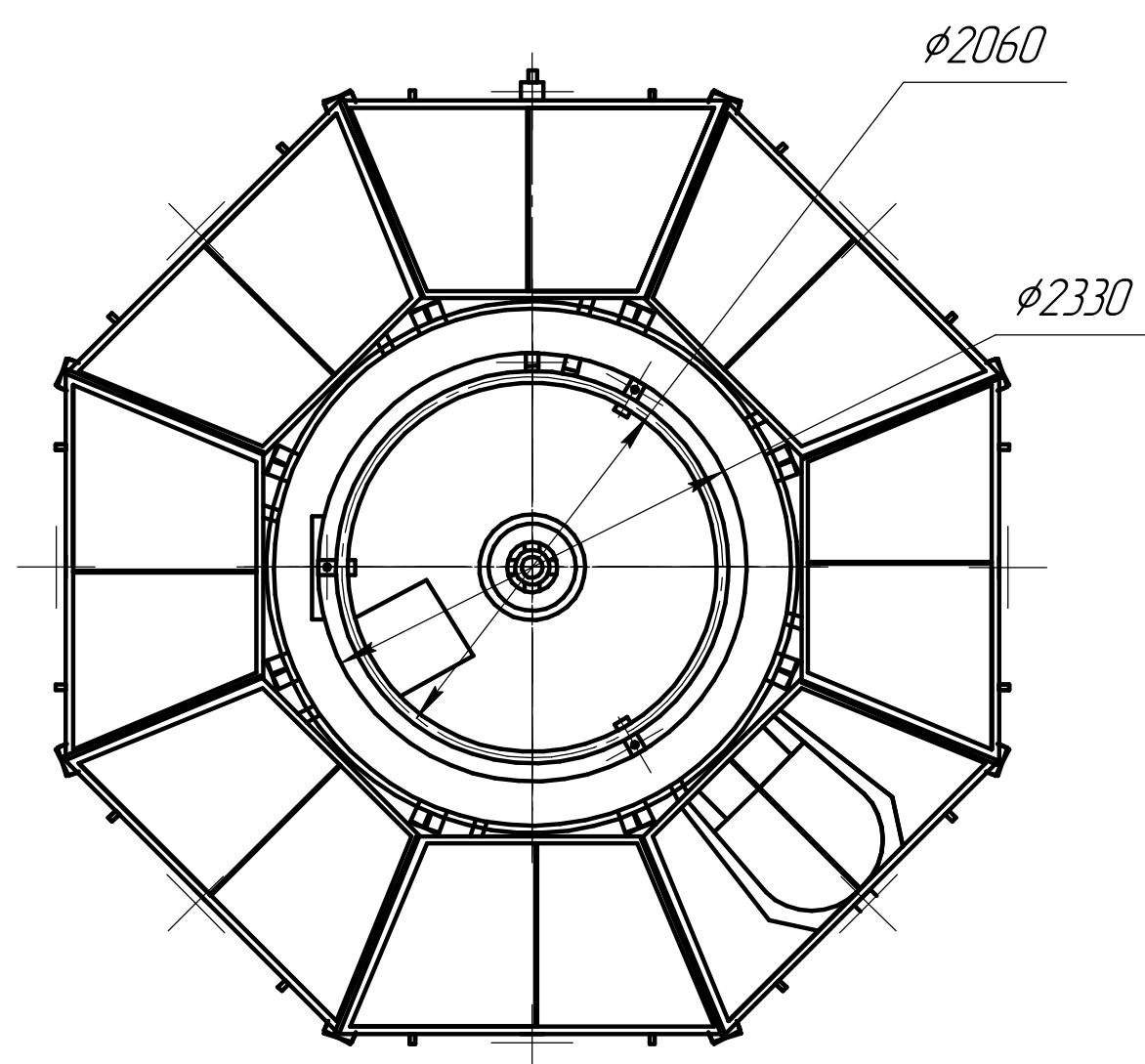
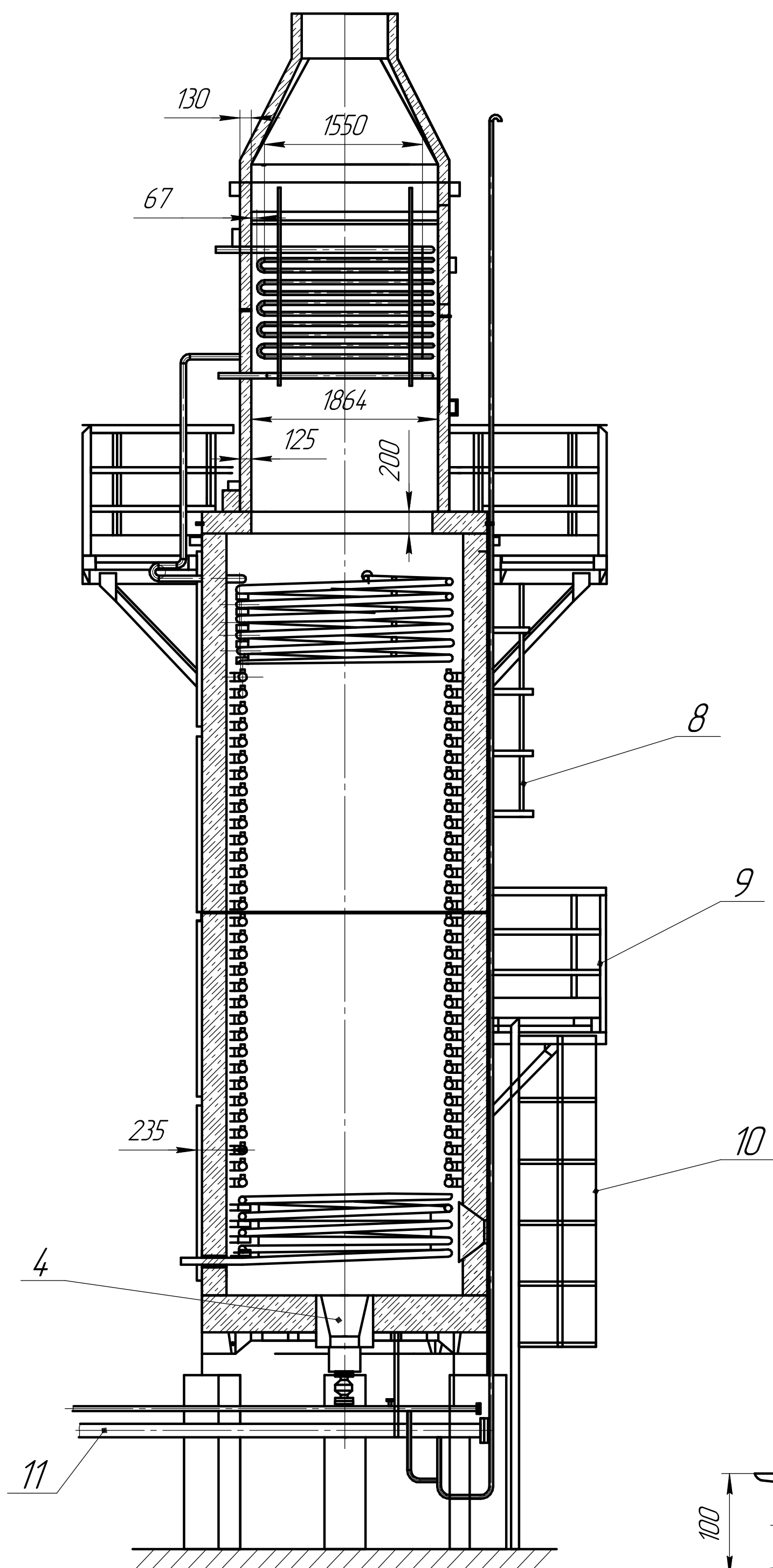
1. Трубчатые печи. Конструкция. Характеристики. [Электронный ресурс]. – URL: pronpz.ru/pechi/konstruktiv.html (дата обращения: 05.04.2021).
2. РД 3688-00220302-003-04 Руководящий документ. Трубчатые печи. Требования к проектированию, изготовлению и эксплуатации. [Электронный ресурс]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/> (дата обращения: 05.04.2021).
3. РД 26-02-80-2004 Руководящий документ. Змеевики сварные для трубчатых печей. Требования к проектированию, изготовлению и поставке.
4. Марка стали 20 [Электронный ресурс]. – URL: <http://metallicheckiy-portal.ru/> (дата обращения: 05.04.2021).
5. «Марочник сталей и сплавов» Зубченко А.С. – М.: Машиностроение, 2003г. - 780 с.
6. Сварка и свариваемые материалы: Справочник в 3-х т. Т.2. Технология и оборудование. / Под ред. В.М.Ямпольского. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. – 572 с.
7. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в среде защитного газа. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. [Электронный ресурс]. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004932> (дата обращения: 05.04.2021).
8. ГОСТ 8713-79. Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004491> (дата обращения: 05.04.2021).
9. Сироткин Ф.П. Расчет параметров режимов сварки: Методические указания по проведению практических занятий по дисциплине «Технология электрической сварки плавлением» - Н.Новгород: ВГИПУ, 2007. - 55 с.
10. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах. т.2/ Под общ. Ред. Н.П. Алёшина., Г.Г. Чернышова. – М., Машиностроение, 2004. -480 с.:ил.

11. Сварочная головка ESAB А6[Электронный ресурс]. – URL: <http://weldprom.ru/svarochnaya-golovka-esab-a6>(Дата обращения 05.04.2021)
12. Сварочный автомат[Электронный ресурс]. – URL: http://www.btsm-weld.ru/avtomat/avtomat_a-1406.html(Дата обращения 05.04.2021)
13. Оборудование для электросварки[Электронный ресурс]. – URL: <https://ets-ural.ru/catalog/oborudovanie-dlya-elektrosvarki-avtomaticheskaya-svarka/istochniki-tiristornie/vdu-1000>(Дата обращения 05.04.2021)
- 14 Сварочная головка[Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.all.biz/golovka-svarochnaya-adf-1250-blok-upravleniya-bu-g8921003>(Дата обращения 05.04.2021г)
15. Сварочный выпрямитель [Электронный ресурс]. URL: http://www.npfets.ru/catalog/all_manuf/vdu_1250/(Дата обращения 05.04.2021)
16. Сварочный автомат[Электронный ресурс]. – URL: http://www.btsm-weld.ru/avtomat/avtomat_a-1416.html(Дата обращения 05.04.2021г)
17. Сварочный выпрямитель[Электронный ресурс]. – URL: http://www.npfets.ru/catalog/all_manuf/vdu_1202/(Дата обращения 05.04.2021г)
18. Гришина, В.И. Экономика предприятия / И.В. Гришина, Я.П. Силина. - Москва: КНОРУС, 2019. — 472 с.
19. Басовский, Л.Е. Прогнозирование и планирование в условиях рынка / Л.Е. Басовский. - М.: ИНФРА-М, 2018. —219с.

Приложения



Материал предоставлен <http://kursovik1.ru/unikalnye-raboty-v.pdf>



Техническая характеристика печи

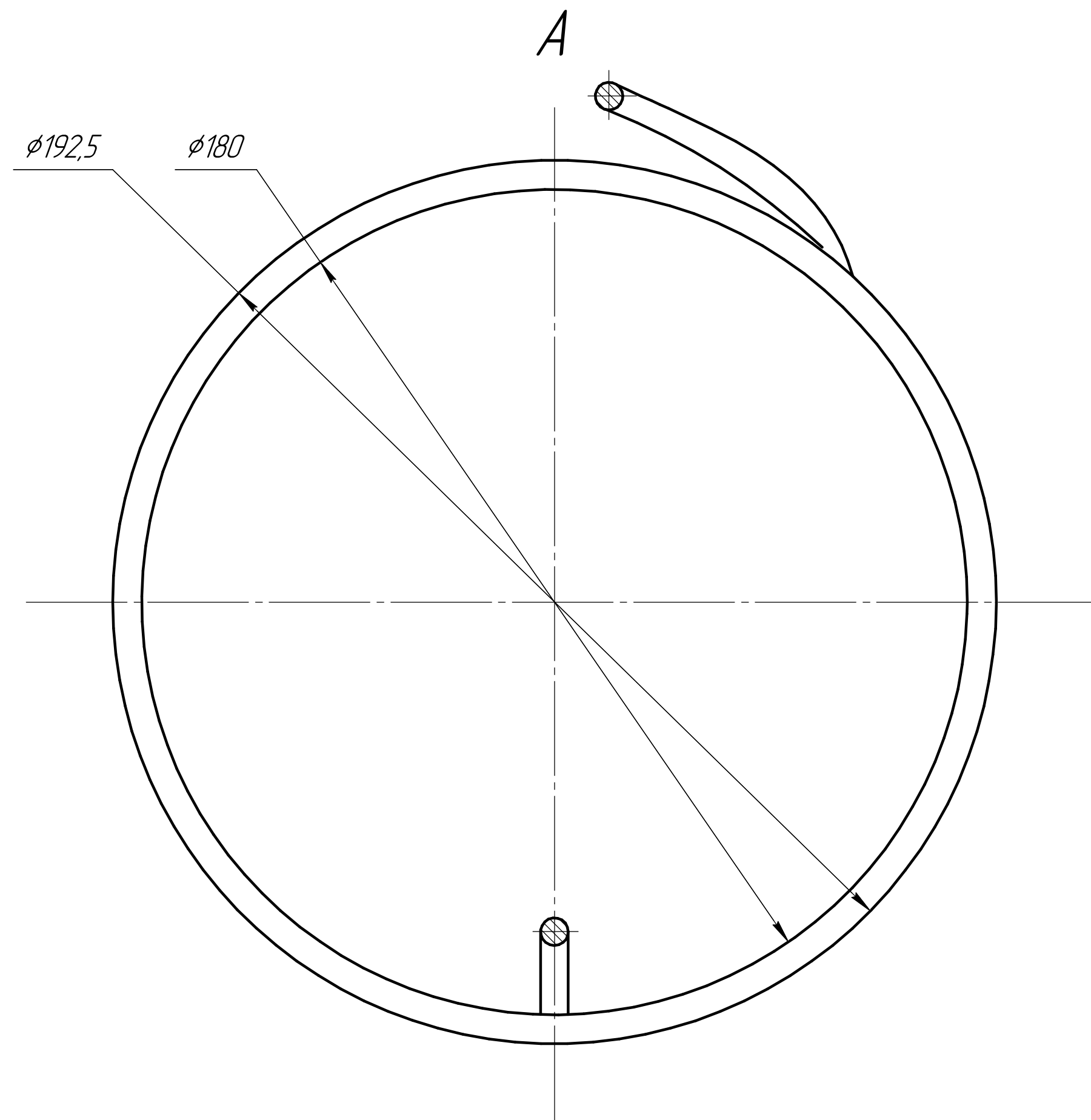
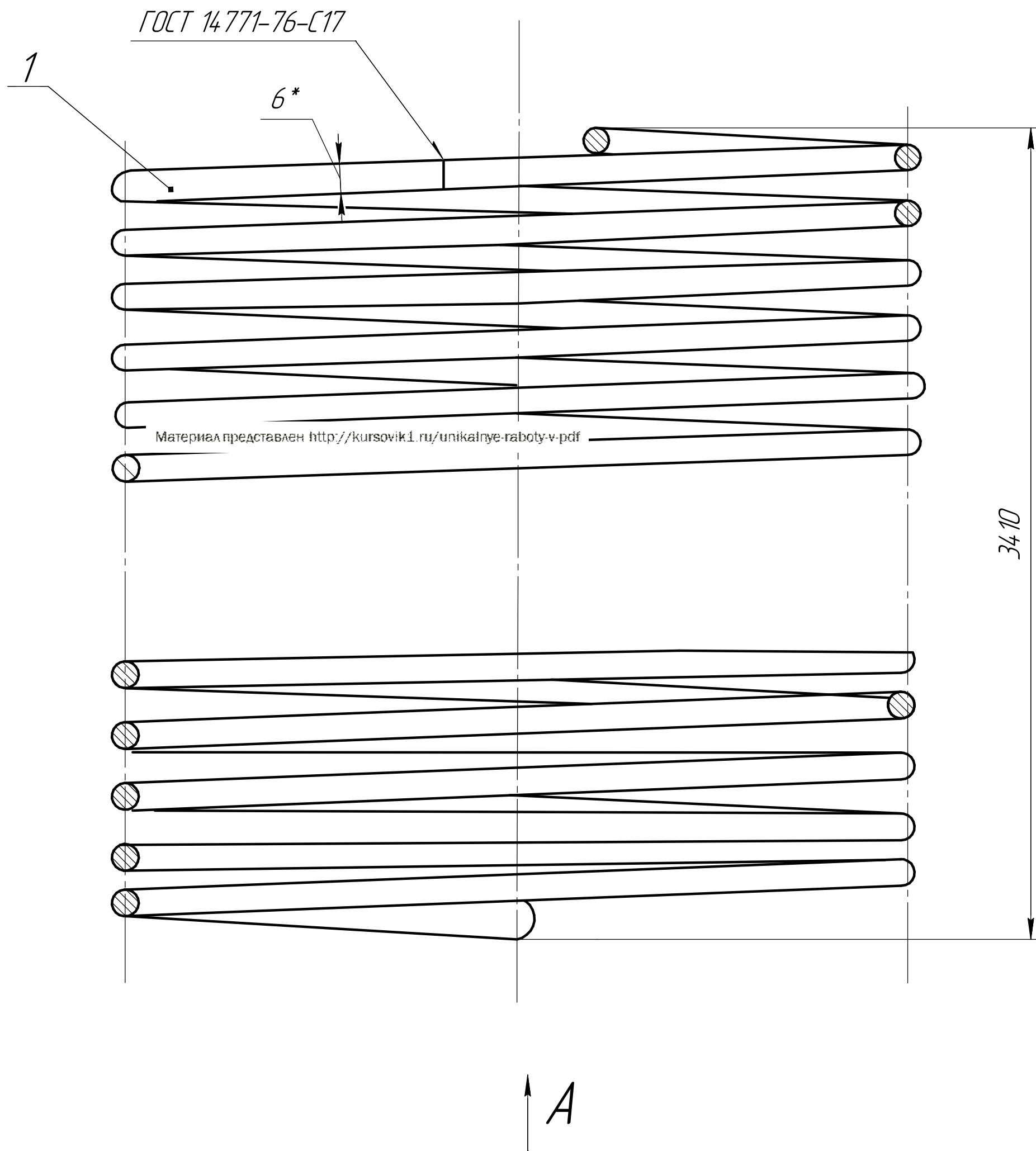
Показатели	Нагреваемый продукт	
	Битумный раствор	Водяной пар
Расход продукта, кг/час	7500	80
Температура, °C		
-на входе	65	170
-на выходе	260	260
Давление, МПа, изд.		
-на входе	4,0	1,1
-на выходе	1,4	1,08
-расчетное (на закрытую задвижку)	4,0	1,1
Размеры труб змеевика, мм	60x6	60x6
Количество труб в камере конвекции	104	2
Количество витков змеевика радиантного	45	-
Количество потоков, шт	1	1
Тепловая нагрузка, ккал/час	На поток	0,0084
	Всего	1,2984
Доля отгона на выходе, %	48	100
Коэффициент использования топлива, %	79,66	

0200.055.4893.000 СБ				Лист			Масса			Масштаб		
Печь трубчатая										1:1		
Чертеж общего вида				Лист			Листов			1		
УГНТУ БМС-17-01												

Лист № 1

Лист № 1

0200.055.4893.012.001



1. *Размеры для справок
2. Общие допуски по ГОСТ 30893.1 ±IT14/2, H14, h14

				0200.055.4893.012.001				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Змеевик радиантный	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Сидков А.А.							1:1
Проб.	Жаринова Н.В.					Лист	Листов	1
Т.контр.						УГНТУ БМС-17-01		
Н.контр.								
Утв.								

Копировал

Формат А2

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.