


**ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Утверждено:  
на заседании кафедры ТМО  
протокол №8 от «20» апреля 2022 г.  
Зав. кафедрой

 / Юминов И.П.

Согласовано:  
Председатель УМК  
Инженерного факультета



/ Баннова А.В.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Инжиниринг технологического оборудования**

Дисциплина по выбору части,  
формируемой участниками образовательных отношений – Б1.В.ДВ.01.01

**Программа магистратуры**

**Направление подготовки**

15.04.02 – Технологические машины и оборудование


**Направленность (профиль) подготовки**

«Инжиниринг технологического оборудования химических и  
нефтехимических производств»

Квалификация

магистр

Разработчик (составитель)  
профессор, докт. техн. наук  
(должность, ученая степень, ученое  
звание)

 / Саитов Р.И.  
(подпись, Фамилия И.О.)

Для приема: 2022 г.

Уфа 2022 г.

Разработчик (составитель): профессор, докт. техн. наук Сайтов Р.И.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры ТМО протокол № 8 от «20» апреля 2022 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / Юминов И.П.



## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций	3
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	6
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	4
4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.	4
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.	11
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	22
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	22
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы	23
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	24

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций**

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

Категория (группа) компетенций (при наличии ОПК)	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
Подготовка производства и обоснование технологических процессов в области технологического оборудования химических и нефтехимических производств, конструкционных материалов и технологий	ПК-7 - Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов	ИДК <sub>ПК-7.1</sub> знать возможности прикладных программных продуктов для проектирования систем автоматизации	Знает: место проектируемого оборудования в технологической схеме, его основные функции в технологической установке; методику расчета нормативов расхода материалов, инструментов, энергии на выполнение технологических операций изготовления машиностроительных изделий средней сложности с применением САРР-систем.
		ИДК <sub>ПК-7.2</sub> уметь пользоваться программой создания мнемосхем технологического процесса	Умеет: координировать процесс производства, разрабатывать логистические процессы производств; выбирать вид, метод получения и основные требования к конструкции исходной заготовки для машиностроительных изделий средней сложности.
		ИДК <sub>ПК-7.3</sub> владеть методами программирования логических контроллеров и микроконтроллеров	Владет: навыками расчета нестандартного оборудования; навыками анализа с применением САД-, САРР-, PDM-систем технических требований, предъявляемых к машиностроительным изделиям средней сложности.
Подготовка производства и обоснование технологических процессов в области	ПК-8 - Способен обеспечить технологичность конструкции машиностроительных изделий средней сложности.	ИДК <sub>ПК-8.1</sub> знать основные принципы работы в современных САД-системах; современные САД-системы, их функциональные	Знать основные принципы работы в современных САД-системах; современные САД-системы, их функциональные

технологического оборудования химических и нефтехимических производств, конструкционных материалов и технологий	<p>возможности для проектирования геометрических 2D- и 3D-моделей машиностроительных изделий средней сложности; нормативно-технические и руководящие документы в области технологичности.</p>	<p>возможности для проектирования геометрических 2D- и 3D-моделей машиностроительных изделий средней сложности.</p>
	<p>ИДК<sub>ПК-8.2</sub> уметь использовать CAD-системы для выявления нетехнологичных элементов конструкции машиностроительных изделий средней сложности; разрабатывать с применением CAD-систем предложения по повышению технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; оценивать предложения по повышению технологичности конструкции деталей машиностроения, внесенные специалистами более низкой квалификации.</p>	<p>Уметь использовать CAD-системы для выявления нетехнологичных элементов конструкции машиностроительных изделий средней сложности; разрабатывать с применением CAD-систем предложения по повышению технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; оценивать предложения по повышению технологичности конструкции деталей машиностроения, внесенные специалистами более низкой квалификации.</p>
	<p>ИДК<sub>ПК-8.3</sub> владеть навыками анализа с применением CAD-систем технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; качественной и количественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; разработки с применением CAD-систем предложений по изменению конструкции машиностроительных изделий средней сложности с целью повышения их технологичности; контроля предложений по повышению технологичности, внесенных специалистами более низкой</p>	<p>Владеть навыками анализа с применением CAD-систем технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; качественной и количественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; разработки с применением CAD-систем предложений по изменению конструкции машиностроительных изделий средней сложности с целью повышения их технологичности; контроля предложений по повышению технологичности, внесенных</p>

		квалификации.	специалистами более низкой квалификации.
--	--	---------------	--

## 2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «*Инжиниринг технологического оборудования*» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, к дисциплине по выбору.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре.

Цели изучения дисциплины: сформировать у студентов компетенции по проектированию, конструированию, разработке технологической документации на изготовление технологического оборудования, в частности крупногабаритного оборудования установок переработки нефти и газа. Аппараты нефтегазоперерабатывающих установок проектируются индивидуально под каждый техпроцесс и условия заказчика, поэтому специалисты в данной сфере востребованы. Качественное усвоение профессиональных компетенций позволит будущим специалистам разрабатывать оптимальный процесс изготовления, повышать технологичность изделий, снижать издержки производства и количество бракованных изделий. Актуальность учебной дисциплины связана с приоритетным направлением развития науки, технологии и техники в Российской Федерации «Энергоэффективность, энергосбережение и ядерная энергетика».

### 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.

ПК-7 - Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ИДК <sub>ПК-7.1</sub> знать возможности прикладных программных продуктов для проектирования систем автоматизации	Знает: место проектируемого оборудования в технологической схеме, его основные функции в технологической установке; методику расчета нормативов расхода материалов, инструментов, энергии на выполнение технологических операций изготовления машиностроительных изделий средней сложности с применением	Не знает: место проектируемого оборудования в технологической схеме, его основные функции в технологической установке; методику расчета нормативов расхода материалов, инструментов, энергии на выполнение технологических операций изготовления машиностроительных изделий средней сложности с применением САРР-систем.	Знает фрагментировано: место проектируемого оборудования в технологической схеме, его основные функции в технологической установке; методику расчета нормативов расхода материалов, инструментов, энергии на выполнение технологических операций изготовления машиностроительных изделий средней сложности с применением САРР-систем.	В основном знает: место проектируемого оборудования в технологической схеме, его основные функции в технологической установке; методику расчета нормативов расхода материалов, инструментов, энергии на выполнение технологических операций изготовления машиностроительных изделий средней сложности с применением	Уверенно знает: место проектируемого оборудования в технологической схеме, его основные функции в технологической установке; методику расчета нормативов расхода материалов, инструментов, энергии на выполнение технологических операций изготовления машиностроительных изделий средней сложности с применением САРР-систем.

	САРР-систем.			САРР-систем.	
ИДК <sub>ПК-7.2</sub> уметь пользоваться программой создания мнемосхем технологического процесса	Умеет: координировать процесс производства, разрабатывать логистические процессы производств; выбирать вид, метод получения и основные требования к конструкции исходной заготовки для машиностроительных изделий средней сложности.	Не умеет: координировать процесс производства, разрабатывать логистические процессы производств; выбирать вид, метод получения и основные требования к конструкции исходной заготовки для машиностроительных изделий средней сложности.	Умеет фрагментировано: координировать процесс производства, разрабатывать логистические процессы производств; выбирать вид, метод получения и основные требования к конструкции исходной заготовки для машиностроительных изделий средней сложности.	В основном умеет: координировать процесс производства, разрабатывать логистические процессы производств; выбирать вид, метод получения и основные требования к конструкции исходной заготовки для машиностроительных изделий средней сложности.	Уверенно умеет: координировать процесс производства, разрабатывать логистические процессы производств; выбирать вид, метод получения и основные требования к конструкции исходной заготовки для машиностроительных изделий средней сложности.
ИДК <sub>ПК-7.3</sub> владеть методами программирования логических контроллеров и микроконтроллеров	Владеет: навыками расчета нестандартного оборудования; навыками анализа с применением САD-, САРР-, РDМ-систем технических требований, предъявляемых к машиностроительным изделиям средней сложности.	Не владеет: навыками расчета нестандартного оборудования; навыками анализа с применением САD-, САРР-, РDМ-систем технических требований, предъявляемых к машиностроительным изделиям средней сложности.	Допускает не критичные ошибки в расчете нестандартного оборудования; анализе с применением САD-, САРР-, РDМ-систем технических требований, предъявляемых к машиностроительным изделиям средней сложности.	В основном владеет: навыками расчета нестандартного оборудования; навыками анализа с применением САD-, САРР-, РDМ-систем технических требований, предъявляемых к машиностроительным изделиям средней сложности.	Уверенно владеет: навыками расчета оборудования, способностью разработать техпроцесс изготовления крупногабаритных деталей, навыками оснащения оборудования АСУТП.

ПК-8 - Способен обеспечить технологичность конструкции машиностроительных изделий средней сложности

Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)







				низкой квалификации.	
--	--	--	--	----------------------	--

**4.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.**

<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине</b>	<b>Оценочные средства</b>
ИДК <sub>ПК</sub> -7.1 знать возможности прикладных программных продуктов для проектирования систем автоматизации	Знает: место проектируемого оборудования в технологической схеме, его основные функции в технологической установке, взаимодействие с другой техникой и средства измерения и контроля.	Коллоквиум
ИДК <sub>ПК</sub> -7.2 уметь пользоваться программой создания мнемосхем технологического процесса	Умеет: координировать процесс производства, разрабатывать логистические процессы производства.	Коллоквиум, контрольная работа
ИДК <sub>ПК</sub> -7.3 владеть методами программирования логических контроллеров и микроконтроллеров	Владет: навыками расчета, изготовления и автоматизации технологического оборудования.	Коллоквиум, контрольная работа
ИДК <sub>ПК</sub> -8.1 знать основные принципы работы в современных САД-системах; Современные САД-системы, их функциональные возможности для проектирования геометрических 2D- и 3D-моделей машиностроительных изделий средней сложности; нормативно-технические и руководящие документы в области технологичности.	Знает: основные принципы работы в современных САД-системах; современные САД-системы, их функциональные возможности для проектирования геометрических 2D- и 3D-моделей машиностроительных изделий средней сложности.	Коллоквиум
ИДК <sub>ПК</sub> -8.2 уметь использовать САД-системы для выявления нетехнологичных элементов конструкции машиностроительных изделий средней сложности; разрабатывать с применением САД-систем предложения по повышению технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; оценивать предложения по повышению технологичности конструкции деталей машиностроения, внесенные специалистами более низкой квалификации.	Уметь использовать САД-системы для выявления нетехнологичных элементов конструкции машиностроительных изделий средней сложности; разрабатывать с применением САД-систем предложения по повышению технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; оценивать предложения по повышению технологичности конструкции деталей машиностроения, внесенные специалистами более низкой квалификации.	Коллоквиум, контрольная работа
ИДК <sub>ПК</sub> -8.3 владеть навыками анализа с применением САД-систем технологичности конструкции	Владеть навыками анализа с применением САД-систем технологичности конструкции машиностроительных изделий	Коллоквиум, контрольная работа

<p>машиностроительных изделий средней сложности; качественной и количественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; разработки с применением САD-систем предложений по изменению конструкции машиностроительных изделий средней сложности с целью повышения их технологичности; контроля предложений по повышению технологичности, внесенных специалистами более низкой квалификации.</p>	<p>средней сложности; качественной и количественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; разработки с применением САD-систем предложений по изменению конструкции машиностроительных изделий средней сложности с целью повышения их технологичности; контроля предложений по повышению технологичности, внесенных специалистами более низкой квалификации.</p>	
---	--	--

### Экзаменационные билеты

Структура экзаменационного билета:

Экзаменационный билет содержит по два вопроса, на которые необходимо ответить письменно и устно. Преподаватель вправе задать один дополнительный вопрос из банка вопросов, либо уточняющие вопросы по соответствующей теме. При устном докладе студенту рекомендуется давать развернутый подробный ответ для подтверждения освоения компетенций по дисциплине.

Перечень вопросов для экзамена:

1. Классификация изделий. Понятие механизма и машины.
2. Классификация деталей машин общего назначения.
3. Классификация нагрузок действующих на детали машин.
4. Прочность - критерий работоспособности деталей машин.
5. Жесткость - критерий работоспособности деталей машин.
6. Износостойкость - критерий работоспособности деталей машин.
7. Теплостойкость и виброустойчивость - критерии работоспособности деталей машин.
8. Точность изготовления зубчатых колес и ее влияние на качество зубчатой передачи.
9. Основные факторы, влияющие на выбор материала детали.
10. Общая характеристика сталей, используемых для изготовления машин общего назначения.
11. Процесс гибки
12. Процесс резки листового проката
13. Процесс механической обработки. Какие виды оборудования Вы знаете?
14. Процесс штамповки
15. Сварочные работы. Методы сварки.
16. Квалитеты точности.
17. Допуски для сопрягаемых поверхностей
18. Допуски для несопрягаемых поверхностей.
19. Шероховатость поверхности.
20. Процесс черновой фрезеровки.
21. Процесс черновой токарной обработки.
22. Процесс чистовой фрезеровки.
23. Процесс чистовой токарной обработки.
24. Шлифование.
25. Полирование. Чем отличается от шлифования?
26. Как подобрать стальной лист по ГОСТ для цилиндрического корпуса?
27. Обработка кромок под сварку.
28. Кондукторы для сварочных работ

29. Виды дефектов при изготовлении литейным способом.
30. Виды дефектов при изготовлении штамповкой.

Образец экзаменационного билета:

<p>ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет» Инженерный факультет Кафедра «Технологические машины и оборудование»</p> <p><b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3</b> по учебной дисциплине «Инжиниринг технологического оборудования» Направление: 15.04.02 – Технологические машины и оборудование Профиль: Инжиниринг технологического оборудования химических и нефтехимических производств</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Классификация нагрузок, действующих на детали машин.</li><li>2. Процесс штамповки. Опишите процесс и оборудование для штамповки.</li></ol> <p>Утверждено на заседании кафедры _____, протокол № _____</p> <p>Заведующий кафедрой _____ (подпись) (Ф.И.О.)</p>
--

Критерии оценивания:

для экзамена:

«неудовлетворительно» - не ответил ни на один вопрос правильно;

«удовлетворительно» - правильно ответил на один вопрос из билета;

«хорошо» - правильно ответил на два вопроса из билета;

«отлично» - правильно ответил на два вопроса из билета и на дополнительные вопросы преподавателя по соответствующей теме.

### Планы семинарских занятий

#### Вопросы для коллоквиумов

1. Преимущества и недостатки метода конечных элементов для инженерного анализа при проектировании и конструировании технологических машин и аппаратов.
2. Какую нормативно-техническую документацию следует использовать при проектировании и конструировании машин и аппаратов.
3. Материальное исполнение деталей машин и аппаратов.
4. Виды расчетов технологического оборудования.
5. Особенности проектирования нестандартного оборудования.
6. Какие виды оборудования для гибки труб вы знаете.
7. Какие виды оборудования для гибки листового материала вы знаете.
8. Принцип работы листопрямильной машины.
9. Принцип работы гидравлического пресса.
10. Лазерная резка металлов.
11. Гидроабразивная резка металлов.
12. Кислородная резка металлов.
13. Плазменная резка металлов.
14. Раскрой листового проката.
15. Как определить процент отхода при раскрое листов по ГОСТ?

16. Вальцовка труб.
17. Овальность цилиндрических деталей. Как устранить?
18. Кольцевые стыки при сварке.
19. Система «вал-отверстие»
20. Что такое допуски и качества точности?

Критерии оценивания:

«неудовлетворительно» - не ответил ни на один вопрос правильно;

«удовлетворительно» - правильно ответил на один вопрос;

«хорошо» - правильно ответил на два вопроса;

«отлично» - правильно ответил на два вопроса и на дополнительные вопросы преподавателя по соответствующей теме.

## Задания для контрольной работы

Описание контрольной работы:

Выбор метода раскроя цилиндрического кожуха:

Контрольная работа направлена на оценку профессиональных компетенций по разработке технологии изготовления емкостных крупногабаритных аппаратов (колонные аппараты, реакторы, теплообменники и т.д.). Пример части работы представлен ниже. Варианты:

Таблица 1 - Пример оформления варианта

Вариант, №	D <sub>в</sub> , мм	Участок 0	Участок 1	Участок 2	Участок 3
		L <sub>0</sub> * S <sub>0</sub> , мм, материал, ГОСТ	L <sub>1</sub> * S <sub>1</sub> , мм, материал, ГОСТ	L <sub>2</sub> * S <sub>2</sub> , мм, материал, ГОСТ	L <sub>3</sub> * S <sub>3</sub> , мм, материал, ГОСТ
5	700	-	8000*18	4000*12, 09Г2С,	1500*8

Таблица 2 - Варианты контрольной работы

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
2	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
3	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
4	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
5	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
6	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	
7	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
8	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
9	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	

Таблица 3 - Исходные данные для проектирования технологического процесса изготовления сварного составного аппарата колонного типа

№	D <sub>в</sub> , мм	Участок 0	Участок 1	Участок 2	Участок 3
---	---------------------	-----------	-----------	-----------	-----------

Вар		L <sub>0</sub> * S <sub>0</sub> , мм, материал	L <sub>1</sub> * S <sub>1</sub> , мм, материал	L <sub>2</sub> * S <sub>2</sub> , мм, материал	L <sub>3</sub> * S <sub>3</sub> , мм, материал
1.	2000	1200x10, Ст2пс, ГОСТ 14637	4000x50, Ст15К, ГОСТ 5520	18000x20, 09Г2С, ГОСТ 5520	8200x16, 03Х18Н11, ГОСТ 5632
2.		1400x12, Ст15К, ГОСТ 5520	4100x50, Ст16К, ГОСТ 5520	19000x22, 16ГС, ГОСТ 5520	8400x16, 12Х18Н9, ГОСТ 5632
3.		1600x14, Ст10, ГОСТ 1050	4200x52, Ст18К, ГОСТ 5520	20000x20, 17Г1С, ГОСТ 5520	8600x16, 08Х18Н10, ГОСТ 5632
4.		2200x20, Ст3кп, ГОСТ 14637	5000x70, Ст16К, ГОСТ 5520	33000x30, 10Г2С1, ГОСТ 5520	9200x26, 06Х18Н11, ГОСТ 5632
5.		2400x22, Ст20К, ГОСТ 5520	5100x70, Ст18К, ГОСТ 5520	34000x32, 17ГС, ГОСТ 5520	9400x26, 17Х18Н9, ГОСТ 5632
6.		3000x28, Ст25, ГОСТ 1050	5800x84, Ст22К, ГОСТ 5520	31000x30, 16ГС, ГОСТ 5520	8600x16, 08Х18Н10, ГОСТ 5632
7.		2000x18, Ст10, ГОСТ 1050	4600x60, Ст18К, ГОСТ 5520	40000x36, 17ГС, ГОСТ 5520	9800x30, 12Х18Н9Т, ГОСТ 5632
8.		2600x24, Ст25, ГОСТ 1050	5200x72, Ст20К, ГОСТ 5520	35000x30, 17Г1С, ГОСТ 5520	9600x26, 08Х18Н12Т, ГОСТ 5632
9.	2200	1400x12, Ст2сп, ГОСТ 14637	4200x54, Ст15К, ГОСТ 5520	21000x22, 09Г2С, ГОСТ 5520	8400x18, 03Х18Н12, ГОСТ 5632
10.		1600x14, Ст16К, ГОСТ 5520	4300x54, Ст16К, ГОСТ 5520	22000x24, 16ГС, ГОСТ 5520	8600x18, 12Х18Н9Т, ГОСТ 5632
11.		1800x16, Ст15, ГОСТ 1050	4400x56, Ст18К, ГОСТ 5520	23000x22, 17Г1С, ГОСТ 5520	8800x18, 08Х18Н10Т, ГОСТ 5632
12.		2400x22, Ст4пс, ГОСТ 14637	5200x74, Ст18К, ГОСТ 5520	36000x32, 10Г2С1, ГОСТ 5520	9400x28, 03Х18Н11, ГОСТ 5632
13.		2600x24, Ст18К, ГОСТ 5520	5300x74, Ст20К, ГОСТ 5520	37000x34, 16ГС, ГОСТ 5520	9600x28, 12Х18Н9, ГОСТ 5632
14.		2800x26, Ст20К, ГОСТ 5520	5700x82, Ст20К, ГОСТ 5520	30000x28, 10Г2С1, ГОСТ 5520	8400x16, 12Х18Н9, ГОСТ 5632
15.		1800x16, Ст15К, ГОСТ 5520	4500x58, Ст16К, ГОСТ 5520	26000x24, 17Г1С, ГОСТ 5520	9000x20, 12ХН38ВБ, ГОСТ 5632
16.		2800x26, Ст20, ГОСТ 1050	5400x76, Ст22К, ГОСТ 5520	38000x32, 14ХГС, ГОСТ 5520	9800x28, 08Х18Н10, ГОСТ 5632
17.	2400	1600x14, Ст2кп, ГОСТ 14637	4400x58, Ст15К, ГОСТ 5520	24000x24, 09Г2С, ГОСТ 5520	8600x20, 06Х18Н11, ГОСТ 5632
18.		1800x16, Ст15К, ГОСТ 5520	4500x58, Ст16К, ГОСТ 5520	25000x26, 16ГС, ГОСТ 5520	8800x20, 17Х18Н9, ГОСТ 5632
19.		2000x18, Ст10, ГОСТ 1050	4600x60, Ст18К, ГОСТ 5520	26000x24, 17Г1С, ГОСТ 5520	9000x20, 08Х18Н12Т, ГОСТ 5632
20.		2600x24, Ст4сп, ГОСТ 14637	5400x78, Ст18К, ГОСТ 5520	39000x34, 09Г2С, ГОСТ 5520	9600x30, 03Х18Н12, ГОСТ 5632
21.		2600x24, Ст4сп, ГОСТ 14637	5600x82, Ст18К, ГОСТ 5520	47000x38, 14ХГС, ГОСТ 5520	8200x16, 03Х18Н11, ГОСТ 5632
22.		2800x26, Ст20К, ГОСТ 5520	5500x78, Ст20К, ГОСТ 5520	40000x36, 17ГС, ГОСТ 5520	9800x30, 12Х18Н9Т, ГОСТ 5632
23.		3000x28, Ст22К, ГОСТ 5520	4100x50, Ст16К, ГОСТ 5520	30000x28, 10Г2С1, ГОСТ 5520	9000x24, 18Х11МНФБ, ГОСТ 5632
24.		3000x28, Ст25, ГОСТ 1050	5600x80, Ст22К, ГОСТ 5520	41000x34, 17Г1С, ГОСТ 5520	10000x30, 08Х18Н10Т, ГОСТ 5632
25.	2600	1800x16, Ст3пс, ГОСТ 14637	4600x62, Ст16К, ГОСТ 5520	27000x26, 09Г2С, ГОСТ 5520	8800x22, 03Х18Н11, ГОСТ 5632
26.		2000x18, Ст16К, ГОСТ 5520	4700x62, Ст18К, ГОСТ 5520	28000x28, 17ГС, ГОСТ 5520	9000x22, 12Х18Н9, ГОСТ 5632
27.		2200x20, Ст15, ГОСТ 1050	4800x64, Ст20К, ГОСТ 5520	29000x26, 14ХГС, ГОСТ 5520	9200x22, 08Х18Н10, ГОСТ 5632
28.		2800x26, Ст5сп, ГОСТ	5600x82, Ст18К, ГОСТ	42000x36, 10Г2С1,	9800x32, 06Х18Н11,



		14637	5520	ГОСТ 5520	ГОСТ 5632
29.		3000x28, Ст22К, ГОСТ 5520	5700x82, Ст20К, ГОСТ 5520	43000x38, 17ГС, ГОСТ 5520	10000x32, 17X18H9, ГОСТ 5632
30.		2000x18, Ст3сп, ГОСТ 14637	4800x64, Ст20К, ГОСТ 5520	22000x24, 16ГС, ГОСТ 5520	9400x24, 08X18H10Т, ГОСТ 5632
31.		1800x16, Ст15К, ГОСТ 5520	4500x58, Ст16К, ГОСТ 5520	26000x24, 17Г1С, ГОСТ 5520	9000x20, 12XH38ББ, ГОСТ 5632
32.		3200x30, Ст30, ГОСТ 1050	5800x84, Ст22К, ГОСТ 5520	44000x36, 14ХГС, ГОСТ 5520	10200x32, 08X18H12Т, ГОСТ 5632
33.	2800	2000x18, Ст3сп, ГОСТ 14637	4800x66, Ст16К, ГОСТ 5520	30000x28, 10Г2С1, ГОСТ 5520	9000x24, 03X18H12, ГОСТ 5632
34.		2200x20, Ст18К, ГОСТ 5520	4900x66, Ст18К, ГОСТ 5520	31000x30, 16ГС, ГОСТ 5520	9200x24, 12X18H9Т, ГОСТ 5632
35.		2400x22, Ст20, ГОСТ 1050	5000x68, Ст20К, ГОСТ 5520	32000x28, 17Г1С, ГОСТ 5520	9400x24, 08X18H10Т, ГОСТ 5632
36.		3000x28, Ст5пс, ГОСТ 14637	5800x86, Ст18К, ГОСТ 5520	45000x38, 09Г2С, ГОСТ 5520	10000x34, 03X18H11, ГОСТ 5632
37.		3200x30, Ст22К, ГОСТ 5520	5900x86, Ст20К, ГОСТ 5520	46000x40, 17ГС, ГОСТ 5520	10200x34, 12X18H9, ГОСТ 5632
38.		3400x32, Ст35, ГОСТ 1050	4700x62, Ст18К, ГОСТ 5520	21000x22, 09Г2С, ГОСТ 5520	9200x24, 12X18H9Т, ГОСТ 5632
39.		1800x16, Ст3пс, ГОСТ 14637	4600x62, Ст16К, ГОСТ 5520	26000x24, 17Г1С, ГОСТ 5520	9000x20, 12XH38ББ, ГОСТ 5632
40.		3400x32, Ст35, ГОСТ 1050	6000x88, Ст22К, ГОСТ 5520	47000x38, 14ХГС, ГОСТ 5520	10400x34, 08X18H12Б, ГОСТ 5632
41.		2200x20, Ст3кп, ГОСТ 14637	5000x70, Ст16К, ГОСТ 5520	33000x30, 10Г2С1, ГОСТ 5520	9200x26, 06X18H11, ГОСТ 5632
42.		2400x22, Ст20К, ГОСТ 5520	5100x70, Ст18К, ГОСТ 5520	34000x32, 17ГС, ГОСТ 5520	9400x26, 17X18H9, ГОСТ 5632
43.	3000	2600x24, Ст25, ГОСТ 1050	5200x72, Ст20К, ГОСТ 5520	35000x30, 17Г1С, ГОСТ 5520	9600x26, 08X18H12Т, ГОСТ 5632
44.		1200x10, Ст2пс, ГОСТ 14637	4000x50, Ст15К, ГОСТ 5520	18000x20, 09Г2С, ГОСТ 5520	8200x16, 03X18H11, ГОСТ 5632
45.		1400x12, Ст15К, ГОСТ 5520	4100x50, Ст16К, ГОСТ 5520	19000x22, 16ГС, ГОСТ 5520	8400x16, 12X18H9, ГОСТ 5632
46.		3200x30, Ст22К, ГОСТ 5520	4600x62, Ст16К, ГОСТ 5520	38000x32, 14ХГС, ГОСТ 5520	9000x24, 03X18H12, ГОСТ 5632
47.		1200x10, Ст2пс, ГОСТ 14637	4000x50, Ст15К, ГОСТ 5520	30000x28, 10Г2С1, ГОСТ 5520	9000x24, 18X11МНФБ, ГОСТ 5632
48.		1600x14, Ст10, ГОСТ 1050	4200x52, Ст18К, ГОСТ 5520	20000x20, 17Г1С, ГОСТ 5520	8600x16, 08X18H10, ГОСТ 5632
49.		2400x22, Ст4пс, ГОСТ 14637	5200x74, Ст18К, ГОСТ 5520	36000x32, 10Г2С1, ГОСТ 5520	9400x28, 03X18H11, ГОСТ 5632
50.	3200	2600x24, Ст18К, ГОСТ 5520	5300x74, Ст20К, ГОСТ 5520	37000x34, 16ГС, ГОСТ 5520	9600x28, 12X18H9, ГОСТ 5632
51.		2800x26, Ст20, ГОСТ 1050	5400x76, Ст22К, ГОСТ 5520	38000x32, 14ХГС, ГОСТ 5520	9800x28, 08X18H10, ГОСТ 5632
52.		1400x12, Ст2сп, ГОСТ 14637	4200x54, Ст15К, ГОСТ 5520	21000x22, 09Г2С, ГОСТ 5520	8400x18, 03X18H12, ГОСТ 5632
53.		1600x14, Ст16К, ГОСТ 5520	4300x54, Ст16К, ГОСТ 5520	22000x24, 16ГС, ГОСТ 5520	8600x18, 12X18H9Т, ГОСТ 5632
54.		3200x30, Ст30, ГОСТ 1050	4200x52, Ст18К, ГОСТ 5520	25000x26, 16ГС, ГОСТ 5520	8600x20, 06X18H11, ГОСТ 5632
55.		1200x10, Ст2пс, ГОСТ 14637	4000x50, Ст15К, ГОСТ 5520	32000x28, 17Г1С, ГОСТ 5520	9400x24, 03X21H32M3Б, ГОСТ 5632
56.		1800x16, Ст15, ГОСТ	4400x56, Ст18К, ГОСТ	23000x22, 17Г1С,	8800x18, 08X18H10Т,

		1050	5520	ГОСТ 5520	ГОСТ 5632
57.	3400	2600x24, СТ4сп, ГОСТ 14637	5400x78, СТ18К, ГОСТ 5520	39000x34, 09Г2С, ГОСТ 5520	9600x30, 03Х18Н12, ГОСТ 5632
58.		2800x26, СТ20К, ГОСТ 5520	5500x78, СТ20К, ГОСТ 5520	40000x36, 17ГС, ГОСТ 5520	9800x30, 12Х18Н9Т, ГОСТ 5632
59.		3000x28, СТ25, ГОСТ 1050	5600x80, СТ22К, ГОСТ 5520	41000x34, 17Г1С, ГОСТ 5520	10000x30, 08Х18Н10Т, ГОСТ 5632
60.		1600x14, СТ2кп, ГОСТ 14637	4400x58, СТ15К, ГОСТ 5520	24000x24, 09Г2С, ГОСТ 5520	8600x20, 06Х18Н11, ГОСТ 5632
61.		1800x16, СТ15К, ГОСТ 5520	4500x58, СТ16К, ГОСТ 5520	25000x26, 16ГС, ГОСТ 5520	8800x20, 17Х18Н9, ГОСТ 5632
62.		3000x28, СТ22К, ГОСТ 5520	4100x50, СТ16К, ГОСТ 5520	24000x24, 09Г2С, ГОСТ 5520	9800x28, 08Х18Н10, ГОСТ 5632
63.		1800x16, СТ15К, ГОСТ 5520	4500x58, СТ16К, ГОСТ 5520	30000x28, 10Г2С1, ГОСТ 5520	9000x24, 18Х11МНФБ, ГОСТ 5632
64.		2000x18, СТ10, ГОСТ 1050	4600x60, СТ18К, ГОСТ 5520	26000x24, 17Г1С, ГОСТ 5520	9000x20, 08Х18Н12Т, ГОСТ 5632
65.	3600	2800x26, СТ5сп, ГОСТ 14637	5600x82, СТ18К, ГОСТ 5520	42000x36, 10Г2С1, ГОСТ 5520	9800x32, 06Х18Н11, ГОСТ 5632
66.		3000x28, СТ22К, ГОСТ 5520	5700x82, СТ20К, ГОСТ 5520	43000x38, 17ГС, ГОСТ 5520	10000x32, 17Х18Н9, ГОСТ 5632
67.		3200x30, СТ30, ГОСТ 1050	5800x84, СТ22К, ГОСТ 5520	44000x36, 14ХГС, ГОСТ 5520	10200x32, 08Х18Н12Т, ГОСТ 5632
68.		1800x16, СТ3пс, ГОСТ 14637	4600x62, СТ16К, ГОСТ 5520	27000x26, 09Г2С, ГОСТ 5520	8800x22, 03Х18Н11, ГОСТ 5632
69.		2000x18, СТ16К, ГОСТ 5520	4700x62, СТ18К, ГОСТ 5520	28000x28, 17ГС, ГОСТ 5520	9000x22, 12Х18Н9, ГОСТ 5632
70.		2800x26, СТ5сп, ГОСТ 14637	4000x50, СТ15К, ГОСТ 5520	41000x34, 17Г1С, ГОСТ 5520	9600x28, 12Х18Н9, ГОСТ 5632
71.		3000x28, СТ25, ГОСТ 1050	5800x84, СТ22К, ГОСТ 5520	31000x30, 16ГС, ГОСТ 5520	8600x16, 08Х18Н10, ГОСТ 5632
72.		2200x20, СТ15, ГОСТ 1050	4800x64, СТ20К, ГОСТ 5520	29000x26, 14ХГС, ГОСТ 5520	9200x22, 08Х18Н10, ГОСТ 5632
73.	3800	3000x28, СТ5пс, ГОСТ 14637	5800x86, СТ18К, ГОСТ 5520	45000x38, 09Г2С, ГОСТ 5520	10000x34, 03Х18Н11, ГОСТ 5632
74.		3200x30, СТ22К, ГОСТ 5520	5900x86, СТ20К, ГОСТ 5520	46000x40, 17ГС, ГОСТ 5520	10200x34, 12Х18Н9, ГОСТ 5632
75.		3400x32, СТ35, ГОСТ 1050	6000x88, СТ22К, ГОСТ 5520	47000x38, 14ХГС, ГОСТ 5520	10400x34, 08Х18Н12Б, ГОСТ 5632
76.		2000x18, СТ3сп, ГОСТ 14637	4800x66, СТ16К, ГОСТ 5520	30000x28, 10Г2С1, ГОСТ 5520	9000x24, 03Х18Н12, ГОСТ 5632
77.		2200x20, СТ18К, ГОСТ 5520	4900x66, СТ18К, ГОСТ 5520	31000x30, 16ГС, ГОСТ 5520	9200x24, 12Х18Н9Т, ГОСТ 5632
78.		3000x28, СТ25, ГОСТ 1050	5800x84, СТ22К, ГОСТ 5520	31000x30, 16ГС, ГОСТ 5520	8600x16, 08Х18Н10, ГОСТ 5632
79.		2400x22, СТ20, ГОСТ 1050	5000x68, СТ20К, ГОСТ 5520	32000x28, 17Г1С, ГОСТ 5520	9400x24, 08Х18Н10Т, ГОСТ 5632
80.	1400	1600x14, СТ2кп, ГОСТ 14637	4400x58, СТ15К, ГОСТ 5520	24000x24, 09Г2С, ГОСТ 5520	8600x20, 05Х16Н5АБ, ГОСТ 5632
81.		1800x16, СТ15К, ГОСТ 5520	4500x58, СТ16К, ГОСТ 5520	25000x26, 16ГС, ГОСТ 5520	8800x20, 07Х16Н4Б, ГОСТ 5632
82.		2000x18, СТ10, ГОСТ 1050	4600x60, СТ18К, ГОСТ 5520	26000x24, 17Г1С, ГОСТ 5520	9000x20, 12ХН38ББ, ГОСТ 5632
83.		2800x26, СТ5сп, ГОСТ 14637	4000x50, СТ15К, ГОСТ 5520	41000x34, 17Г1С, ГОСТ 5520	9600x28, 12Х18Н9, ГОСТ 5632
84.		3000x28, СТ22К, ГОСТ 5520	4100x50, СТ16К, ГОСТ 5520	24000x24, 09Г2С, ГОСТ 5520	9800x28, 08Х18Н10, ГОСТ 5632

85.		2200x20, Ст3кп, ГОСТ 14637	5000x70, Ст16К, ГОСТ 5520	33000x30, 10Г2С1, ГОСТ 5520	9200x26, 06Х18Н11, ГОСТ 5632
86.		3200x30, Ст30, ГОСТ 1050	4200x52, Ст18К, ГОСТ 5520	25000x26, 16ГС, ГОСТ 5520	8600x20, 06Х18Н11, ГОСТ 5632
87.	1600	1800x16, Ст3пс, ГОСТ 14637	4600x62, Ст16К, ГОСТ 5520	27000x26, 09Г2С, ГОСТ 5520	8800x22, 03Х18Н10Т, ГОСТ 5632
88.		2000x18, Ст16К, ГОСТ 5520	4700x62, Ст18К, ГОСТ 5520	28000x28, 17ГС, ГОСТ 5520	9000x22, 12Х21Н5Т, ГОСТ 5632
89.		2200x20, Ст15, ГОСТ 1050	4800x64, Ст20К, ГОСТ 5520	29000x26, 14ХГС, ГОСТ 5520	9200x22, 08Х18Т1, ГОСТ 5632
90.		3200x30, Ст22К, ГОСТ 5520	4600x62, Ст16К, ГОСТ 5520	38000x32, 14ХГС, ГОСТ 5520	9000x24, 03Х18Н12, ГОСТ 5632
91.		3400x32, Ст35, ГОСТ 1050	4700x62, Ст18К, ГОСТ 5520	21000x22, 09Г2С, ГОСТ 5520	9200x24, 12Х18Н9Т, ГОСТ 5632
92.		1600x14, Ст2кп, ГОСТ 14637	4400x58, Ст15К, ГОСТ 5520	24000x24, 09Г2С, ГОСТ 5520	8600x20, 06Х18Н11, ГОСТ 5632
93.		2000x18, Ст3сп, ГОСТ 14637	4800x64, Ст20К, ГОСТ 5520	22000x24, 16ГС, ГОСТ 5520	9400x24, 08Х18Н10Т, ГОСТ 5632
94.		1800	2000x18, Ст3сп, ГОСТ 14637	4800x66, Ст16К, ГОСТ 5520	30000x28, 10Г2С1, ГОСТ 5520
95.	2200x20, Ст18К, ГОСТ 5520		4900x66, Ст18К, ГОСТ 5520	31000x30, 16ГС, ГОСТ 5520	9200x24, 10ХН28ВМАБ, ГОСТ 5632
96.	2400x22, Ст20, ГОСТ 1050		5000x68, Ст20К, ГОСТ 5520	32000x28, 17Г1С, ГОСТ 5520	9400x24, 03Х21Н32МЗБ, ГОСТ 5632
97.	2600x24, Ст4сп, ГОСТ 14637		5600x82, Ст18К, ГОСТ 5520	47000x38, 14ХГС, ГОСТ 5520	8200x16, 03Х18Н11, ГОСТ 5632
98.	2800x26, Ст20К, ГОСТ 5520		5700x82, Ст20К, ГОСТ 5520	30000x28, 10Г2С1, ГОСТ 5520	8400x16, 12Х18Н9, ГОСТ 5632
99.	3000x28, Ст25, ГОСТ 1050		5600x80, Ст22К, ГОСТ 5520	41000x34, 17Г1С, ГОСТ 5520	10000x30, 08Х18Н10Т, ГОСТ 5632
100.	1800x16, Ст15К, ГОСТ 5520		4500x58, Ст16К, ГОСТ 5520	25000x26, 16ГС, ГОСТ 5520	8800x20, 07Х16Н4Б, ГОСТ 5632

Пример варианта контрольной работы:

Применение того или иного метода карт раскроя зависит от конкретных условий и выбирается с учетом необходимого оборудования, технологических операций и их последовательности, точности изготовления аппарата, отходов металла и себестоимости изделия.

Выбор конкретного метода карты раскроя нужно производить сопоставлением обоих методов. участок II.

а) метод обечаек.

Ширина второго участка  $Ш_2$ , мм вычисляется по формуле:

$$Ш_2 = \pi(D_B + S_2) = 3,14(700 + 12) = 2235,7 \text{ мм.} \quad (1.1)$$

Длина участка  $L_2 = 4000$  мм.

По ГОСТ 19903 - 74 выбираем лист шириной 1000, длиной 2500 мм. Значит, участок состоит из 4 листов.

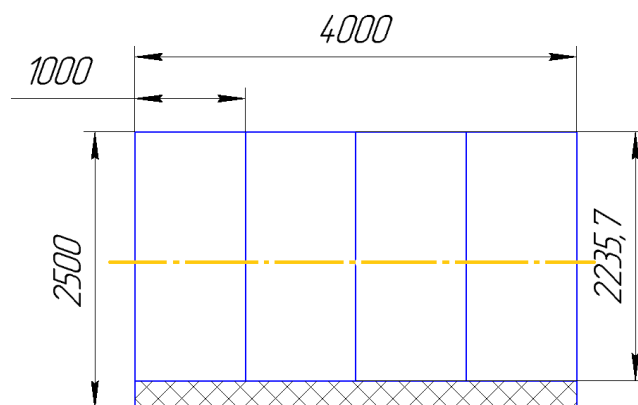


Рисунок 1.1 - метод обечаек для I участка.

Подсчитаем отходы:

$$\Delta = \frac{4000(2500 - 2235.7)}{4000 \cdot 2500} \cdot 100\% = 10,572 \%$$

Количество швов: 1 продольный, 3 кольцевых.

Длина сварных швов:  $3 \cdot 2235,7 + 4000 = 10707,1$  мм

б) метод карт.

Ширина второго участка  $Ш_2 = 2235,7$  мм; длина  $L_2 = 4000$  мм.

По ГОСТ 19903 - 74 выбираем лист шириной 1500 мм, длиной 2000 мм. Значит, участок состоит из 4 листов.

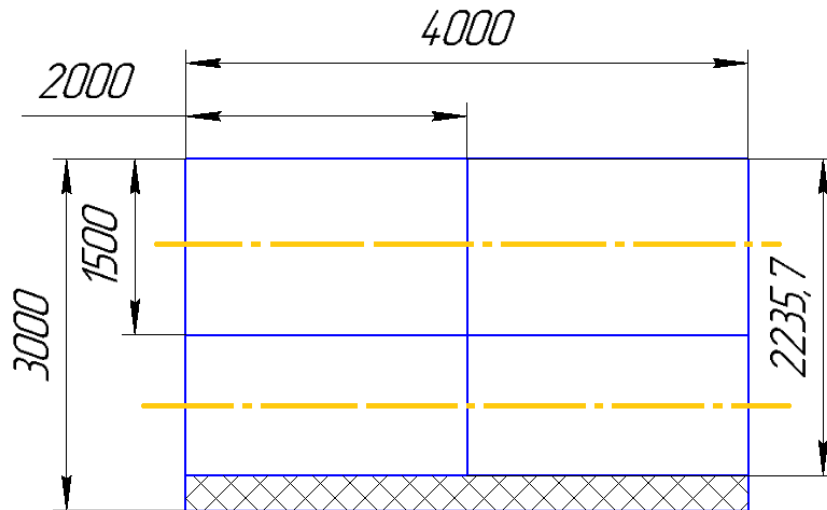


Рисунок 1.2 - метод карт для II участка

Подсчитаем отходы:

$$\Delta = \frac{4000(2500 - 2235.7)}{4000 \cdot 2500} \cdot 100\% = 10.572\%$$

Количество швов: 2 продольных, 1 кольцевой

Длина сварных швов:  $2 \cdot 4000 + 2235.7 = 10235,7$

Для второго участка выбираем метод карт. Выбираем 1250x2000x18 – 4 листа.

Количество швов: 2 продольных. Длина сварных швов 6000 мм. Для третьего участка выбираем метод карт. Выбираем 2200x3000x20 – 2 листа.

	Отходы, %	Кол-во продольных и кольцевых швов, шт	Общая длина сварных швов, мм	Кол-во необходимых листов, шт
Метод обечаек	10,572	1 продольный, 3 кольцевых	10707,1	4
Метод карт	10,572	2 продольных, 1 кольцевой	10235,7	4

Сравнивая оба метода мы видим, что наиболее выгодным будет метод карт, так как он имеет меньшее количество кольцевых сварных швов и меньшую общую длину сварных швов, чем в методе обечаек.

Простейшим видом вальцов является трехвалковая симметричная машина. Рабочее движение сообщается нижним валкам с неподвижной осью вращения.

Верхний валок выполняется подвижным, это необходимо:

- для получения необходимого радиуса гибки, который регулируется вертикальным перемещением верхнего валка;
- если заготовки должны получать коническую поверхность, то верхнему валку придают наклонное положение;
- для снятия заготовки, когда верхний валок выводится из рабочего состояния.

Усилие, действующее на боковые валки,  $H$  вычисляется по формуле:

$$P_{\sigma} = \frac{M}{R \cdot \sin \alpha}, \quad (1.2)$$

где  $M$  - изгибающий момент, Нм;

$R$  - радиус по средней толщине обечайки, м.

Радиус по средней толщине обечайки:

$$R = (D_B + S) / 2 = (700 + 12) / 2 = 306 \text{ мм}. \quad (1.3)$$

Изгибающий момент  $M$ , Нм вычисляется по формуле:

$$M = \frac{\sigma_T \cdot b \cdot S^2}{4} \left( 1 - \frac{k^2}{3} \right), \quad (1.4)$$

где  $k$  - коэффициент упругой зоны.

$$k = \frac{1}{\frac{ES}{2 \cdot \sigma \cdot R} + 1,5} = \frac{1}{\frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,012}{2 \cdot 325 \cdot 10^6 \cdot 0,306} + 1,5} = 0,07 \quad (1.5)$$

По формуле (1.4):

$$M = \frac{\sigma_T \cdot b \cdot S^2}{4} \left( 1 - \frac{k^2}{3} \right) = \frac{325 \cdot 10^6 \cdot 2.235 \cdot 0,012^2}{4} \cdot \left( 1 - \frac{0,07^2}{3} \right) = 26097 \text{ Нм} \quad (1.6)$$

$$\alpha = \arcsin \frac{l}{2 \left( R + \frac{D_{\sigma}}{2} \right)}$$

$$\alpha = \arcsin \frac{0,6}{2 \left( 0,306 + \frac{0,42}{2} \right)} = \arcsin 0,58 = 35,55^{\circ}$$

$$L = 1,2 \cdot D_{cp} = 1,2 \cdot 0,5 = 0,6 \text{ м},$$

По формуле (1.3):

$$P_{\sigma} = \frac{26097}{0,306 \cdot \sin 35,55} = 147042 \text{ Н} ,$$

Усилие, действующее на средние валки Р, Н вычисляется по формуле:

$$P_{cp} = \frac{2 \cdot M}{R \cdot tg \alpha} = \frac{2 \cdot 26097}{0,306 \cdot tg 35,55^{\circ}} = 238557,5 \text{ Н} \quad (1.7)$$

Суммарный крутящий на боковых валках  $M_k$ , Нм, вычисляется по формуле:

$$M_k = M_k^I + M_k^{II} \quad (1.8)$$

где  $M_k^I$  - момент, затрачиваемый на деформации, Нм,

$M_k^{II}$  - момент, затрачиваемый на трение качения валков на заготовке и на трение в подшипниках, Нм;

Момент, затрачиваемый на деформации  $M_k^I$ , Нм:

$$M_k^I = \frac{\sigma_{\tau}^2 \cdot b \cdot S \cdot D}{4E} \left( \frac{1}{k} + 0,33k_i - 1 \right) \quad (1.9)$$

$$M_k^I = \frac{(325 \cdot 10^6)^2 \cdot 2,235 \cdot 0,012 \cdot 0,42}{4 \cdot 2 \cdot 10^{11}} \left( \frac{1}{0,07} + 0,33 \cdot 0,07 - 1 \right) = 20167 \text{ Нм}$$

Момент, затрачиваемый на трение качения валков на заготовке и на трение в подшипниках  $M_k^{II}$ , Нм:

$$M_k^{II} = (P_{cp} + 2P_{\sigma})(f + \mu d/2), \quad (1.10)$$

где  $f$  - коэффициент трения качения валков по прокату,  $f = 0,0008$  м;

$\mu$  - коэффициент трения скольжения в подшипниках,  $\mu = 0,1$ .

$$M_k^{II} = (238557,5 + 2 \cdot 147042)(0,0008 + 0,1 \cdot 0,21/2) = 6019 \text{ Нм} ,$$

По формуле (8.7):

$$M_k = 20167 + 6019 = 26186 \text{ Нм.}$$

Мощность привода машины, кВт вычисляется по формуле:

$$N = \frac{M_k \cdot v}{510 \cdot D_{\sigma} \cdot \eta} = \frac{26186 \cdot 0,1}{510 \cdot 0,42 \cdot 0,75} = 16,3 \text{ кВт} \quad (1.11)$$

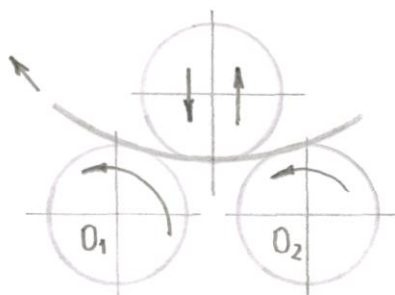


Рисунок 1.2 - Схема гибки листовой заготовки на трехвалковой симметричной машине.

Заданный радиус гибки достигается в несколько проходов. Кривизна изгиба за один проход ограничена силой сцепления приподнятых валков с заготовкой.

Описание методики оценивания:

Критерии оценки:

Отлично:

Оценка «5»:

- глубокое и прочное усвоение программного материала;
- полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания;
- свободно справляющиеся с поставленными задачами, знания материала,
- правильно обоснованные принятые решения;
- владение разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ.

Хорошо

Оценка «4»:

- знание программного материала;
- грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос;
- правильное применение теоретических знаний;
- владение необходимыми навыками при выполнении практических задач.

удовлетворительно

Оценка «3»:

- усвоение основного материала;
- при ответе допускаются неточности;
- при ответе недостаточно правильные формулировки;
- нарушение последовательности в изложении программного материала;
- затруднения в выполнении практических заданий.

Неудовлетворительно:

Оценка «2»:

- незнание программного материала;
- при ответе возникают ошибки;
- затруднения при выполнении практических работ.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Нилов В.А. Основы проектирования и конструирования деталей машин: учебное пособие для студентов вузов по "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств". — Старый Оскол: ТНТ, 2015. — 311с.

2. Зубарев Ю. М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении. — Лань, 2015. — 320 с. — ЭВК, ЭБС «Лань» [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=61360](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=61360)
3. Поляков А. Н., Сердюк А. И., Романенко К., Никитина И. Основы быстрого прототипирования: учебное пособие. — Оренбург: ОГУ, 2014. — 128 с. — ЭВК, ЭБС УБО <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259324&sr=1>
4. Филонов И. П., Баршай И. Л. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие. — Минск: Вышэйшая школа, 2009. — 112 с. — ЭВК, ЭБС УБО <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=234964&sr=1>
5. Губич Л. В., Емельянович И. В., Петкевич Н. И. Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделий машиностроения: проблемы и решения. — Минск: Белорусская наука, 2010. — 286 с. — ЭВК, ЭБС УБО <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=142436&sr=1>

## **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. Система дистанционного обучения БашГУ (СДО БашГУ) на базе Moodle.
2. Пакет офисных приложений профессионального уровня Office Professional Plus 2013 Russian OLPNL Academic Edition № 0301100003613000104-1 от 17.06.2013 г.
3. Серверная операционная система Windows Server Standard 2012 Russian OLP NL Academic Edition 2Proc № 0301100003613000104-1 от 17.06.2013 г.
4. Операционная система для персонального компьютера Win SL & Russian OLP NL Academic Edition Legalization Get Genuine № 0301100003613000104-1 от 17.06.2013 г.
5. Обновление операционной системы для персонального компьютера Windows Professional 8 Russian Upgrade OLPNL Academic Edition № 0301100003613000104-1 от 17.06.2013 г.
6. Desktop Education ALNG LicSAPk OLVS E 1Y Academic Enterprise № 0301100003613000104-1 от 17.06.2013 г.
7. [www.ascon.ru](http://www.ascon.ru)
8. прочность.рф



**6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

<b>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</b>	<b>Вид занятий</b>	<b>Наименование оборудования, программного обеспечения</b>
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: аудитория №208 (Учебный корпус, адрес 450078, ул. Мингажева, д. 100)	Лекции	1.Проектор NecM361X(M361XG) LCD 3600LmXGA(1024x768) 3000:1, 2.Экран Lumien Master Picture, 244x183 3.Доска 4.Учебная мебель
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитория 104 (Учебный корпус, адрес 450078, ул. Мингажева, д. 100)	Практические; лабораторные занятия	1.Ноутбук Packard bell ENTF71BM-C36P Celeron N2830/2Gb/320Gb/DVDRW/HD4400 int/15.6/WXGA/1366*768/Lin 2.Макет для демульгирования нефтешламных отходов 3.Макет высоко гидроимпульсного разряда в жидкой среде 4.Микроскоп 5.Магнетрон; 6.Лабораторная посуда. 7.Экраны Lumien Eco Picture, 180x180 8. Проектор Epson Eb-W06 9.Установка ЗЕВС-241 для электроимпульсной обработки 10.Цифровой осциллограф INSTEK GOS-620. 11. Вискозиметр «ФУТУРУМ». 12.Источник питания HY3005D-2.
Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций: аудитория №208 (Учебный корпус, адрес 450078, ул. Мингажева, д. 100)	Групповые и индивидуальные консультации	1.Проектор NecM361X(M361XG) LCD 3600LmXGA(1024x768) 3000:1, 2.Экран Lumien Master Picture, 244x183 3.Доска 4.Учебная мебель
Учебная аудитория для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации: аудитория №208 (Учебный корпус, адрес 450078, ул. Мингажева, д. 100)	Текущий контроль и промежуточная аттестация	1.Проектор NecM361X(M361XG) LCD 3600LmXGA(1024x768) 3000:1, 2.Экран Lumien Master Picture, 244x183 3.Доска 4.Учебная мебель
Учебная аудитория для самостоятельной работы: аудитория № 201 (Учебный корпус, адрес 450078, ул. Мингажева, д. 100)	Самостоятельная работа	1.ПК PowerCool i5-9400/DDR4 8ГБ /HDD 1ТВ/450W/ 21.5"" /Клавиатура/Мышь - 6 шт" 2.Учебная мебель

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Инжиниринг технологического оборудования на 1 курс 1 семестр

очная  
форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	5 / 180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	33.2
лекций	16
практических/ семинарских	-
лабораторных	16
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1.2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	83.8
из них, предусмотренные на выполнение контрольной работы	33.2
Учебных часов на подготовку к экзамену (Контроль)	63

Форма(ы) контроля:  
Экзамен 1 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР		
1	2	3	4	5	6	8	9
1.	1.1 Оборудование технологических установок. 1.3 Особенности изготовления аппаратов технологических установок	4	-	4	20	Разработка РТК	Коллоквиум
2.	2.1 Раскрой листового проката 2.2 Резка металла 2.3 Правка металла 2.4 Гибка 2.5 Обработка кромок 2.6 Сварка 2.7 Механическая обработка	4	-	4	20	Изготовление цилиндрической обечайки	Коллоквиум, контрольная работа
3.	3.1 Сборка крупногабаритного аппарата 3.2 Пригоночно-доделочные работы	4	-	4	20	Обзор сварочного оборудования	Коллоквиум, контрольная работа
4.	4.1 Контроль сварных швов 4.2 Диагностика оборудования 4.3 Гидроиспытания 4.4 Транспортировка	4	-	4	23.8	Неразрушающие методы контроля	Коллоквиум, контрольная работа
5.	Итоговый контроль						Экзамен
	<b>Всего часов:</b>	16	-	16	83.8		

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Инжиниринг технологического оборудования на 1 курс 1 семестр

очно-заочная  
форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	5 / 180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	55.2
лекций	18
практических/ семинарских	-
лабораторных	36
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1.2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	88.8
из них, предусмотренные на выполнение контрольной работы	36
Учебных часов на подготовку к экзамену (Контроль)	36

Форма(ы) контроля:  
Экзамен 1 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР		
1	2	3	4	5	6	8	9
1.	1.1 Оборудование технологических установок. 1.3 Особенности изготовления аппаратов технологических установок	4	-	9	22,2	Разработка РТК	Коллоквиум
2.	2.1 Раскрой листового проката 2.2 Резка металла 2.3 Правка металла 2.4 Гибка 2.5 Обработка кромок 2.6 Сварка 2.7 Механическая обработка	4	-	9	22,2	Изготовление цилиндрической обечайки	Коллоквиум, контрольная работа
3.	3.1 Сборка крупногабаритного аппарата 3.2 Пригоночно-доделочные работы	5	-	9	22,2	Обзор сварочного оборудования	Коллоквиум, контрольная работа
4.	4.1 Контроль сварных швов 4.2 Диагностика оборудования 4.3 Гидроиспытания 4.4 Транспортировка	5	-	9	22,2	Неразрушающие методы контроля	Коллоквиум, контрольная работа
5.	Итоговый контроль						Экзамен
	<b>Всего часов:</b>	18	-	36	88.8		

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Инжиниринг технологического оборудования на 1 курс 1 семестр

заочная  
форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	5 / 180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	19.2
лекций	6
практических/ семинарских	-
лабораторных	12
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1.2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	151.8
из них, предусмотренные на выполнение контрольной работы	9
Учебных часов на подготовку к экзамену (Контроль)	9

Форма(ы) контроля:  
Экзамен 1 курс

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР		
1	2	3	4	5	6	8	9
1.	1.1 Оборудование технологических установок. 1.3 Особенности изготовления аппаратов технологических установок	1	-	3	37,95	Разработка РТК	Коллоквиум
2.	2.1 Раскрой листового проката 2.2 Резка металла 2.3 Правка металла 2.4 Гибка 2.5 Обработка кромок 2.6 Сварка 2.7 Механическая обработка	1	-	3	37,95	Изготовление цилиндрической обечайки	Коллоквиум, контрольная работа
3.	3.1 Сборка крупногабаритного аппарата 3.2 Пригоночно-доделочные работы	2	-	3	37,95	Обзор сварочного оборудования	Коллоквиум, контрольная работа
4.	4.1 Контроль сварных швов 4.2 Диагностика оборудования 4.3 Гидроиспытания 4.4 Транспортировка	2	-	3	37,95	Неразрушающие методы контроля	Коллоквиум, контрольная работа
5.	Итоговый контроль						Экзамен
	<b>Всего часов:</b>	6	-	12	151.8		