

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

***МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ***  
к практическим занятиям по дисциплине  
«Методы оптимизации проектирования технологического  
оборудования»  
для студентов очно заочной формы обучения направления подготовки  
15.04.02 Технологические машины и оборудование

**Невинномысск 2023**

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Методы оптимизации проектирования технологического оборудования» разработаны в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта в части содержания и уровня подготовки выпускников по направлению 15.04.02 – Технологические машины и оборудование

Методические указания имеют целью закрепить у студентов теоретически полученные знания по дисциплине, выработать практические навыки конструирования и материального оформления оборудования химических производств и проведения его расчетов на прочность.

Приведены исходные данные и методические указания по выполнению практических заданий, список рекомендуемой литературы.

## СОДЕРЖАНИЕ

РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ ОБЕЧАЙКИ И ДНИЩА, НАГРУЖЕННЫХ ВНУТРЕННИМ ДАВЛЕНИЕМ.....	4
РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ АППАРАТА, НАГРУЖЕННОГО НАРУЖНЫМ ДАВЛЕНИЕМ, ОСЕВОЙ СЖИМАЮЩЕЙ СИЛОЙ И ИЗГИБАЮЩИМ МОМЕНТОМ.....	8
РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ ОБЕЧАЙКА - ДНИЩЕ.....	11
РАСЧЕТ НА УКРЕПЛЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ. ВЫБОР ТИПА УКРЕПЛЕНИЯ.....	14

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1

### РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ ОБЕЧАЙКИ И ДНИЩА, НАГРУЖЕННЫХ ВНУТРЕННИМ ДАВЛЕНИЕМ

По данной теме необходимо рассчитать толщину стенки обечайки и днища тонкостенных сосудов в соответствии с вариантами, приведенными в таблицах 1 и 2.

Нормативные допускаемые напряжения, пределы текучести материалов при заданных температурах, модули упругости, коэффициенты прочности сварных швов указаны в таблицах [1].

При расчете обечаек, которые представляют собой оболочки вращения, находящихся под воздействием равномерно распределенного давления, изгибающие моменты и поперечную силу не учитывают.

Теорию расчета оболочек (рисунок 1), учитывающую только  $\sigma_m$  и  $\sigma_k$ , называют безмоментной теорией оболочек, основным уравнением которой является уравнение Лапласа

$$\frac{\sigma_m}{\rho_m} + \frac{\sigma_k}{\rho_k} = \frac{p}{S},$$

где  $\sigma_m$  – меридиональное напряжение;

$\sigma_k$  – кольцевое напряжение;

$\rho_m, \rho_k$  – радиусы кривизны срединной поверхности оболочки.

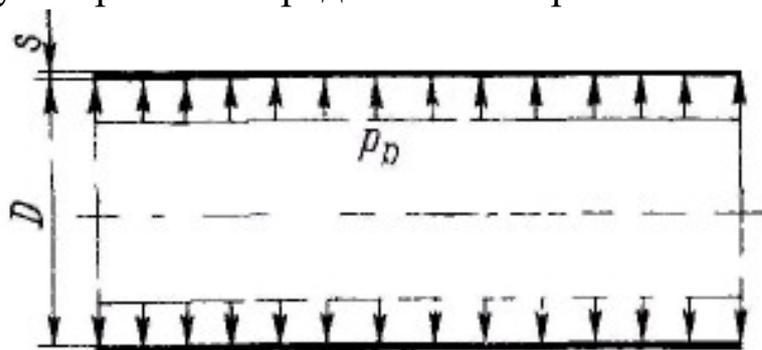


Рисунок 1 – Расчетная схема цилиндрической обечайки

На основе данного уравнения получают основные расчетные зависимости для цилиндрических, конических, сферических и эллиптических оболочек.

Исполнительную толщину стенки цилиндрической обечайки  $s$  определяют по формулам:

$$S_p = \max \left\{ \frac{p_D \cdot D}{2 \cdot \varphi[\sigma] - p_D}, \frac{p_D \cdot D}{2 \cdot \varphi[\sigma]_u - p_D} \right\};$$

$$S = S_p + c + c_0,$$

где  $p_p$  – расчетное давление;

$p_u$  – пробное давление;

$\varphi$  – коэффициент прочности сварных швов;

$D$  – диаметр аппарата;

$[\sigma]$  – допускаемое напряжение для рабочего состояния;

$[\sigma]_u$  – допускаемое напряжение при испытаниях;

$c$  – прибавка к расчетной толщине обечайки;

$c_0$  – прибавка на округление размера до стандартного значения.

Расчетную и исполнительную толщину стенки конической обечайки (рисунок 2) определяют по формулам:

$$S_{к.р} = \max \left\{ \frac{p_p \cdot D}{2 \cdot \varphi [\sigma] - p_p} \cdot \cos \alpha \right\};$$

$$S_k = S_{к.р} + c + c_0,$$

где  $S_{к.р}$  – расчетная толщина стенки конической оболочки;

$\alpha$  – угол при вершине конуса, градусы.

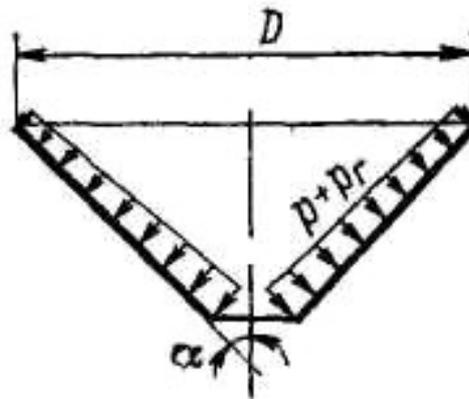


Рисунок 2 – Расчетная схема конического днища

Толщина стенки эллиптической крышки (днища) (рисунок 3):

$$S_{э.р} = \max \left\{ \frac{p_p \cdot D}{2 \cdot \varphi [\sigma] - 0.5 \cdot p_p} \right\};$$

$$S = S_{э.р} + c + c_0,$$

где  $S_{э.р}$  – расчетная толщина стенки эллиптического днища.

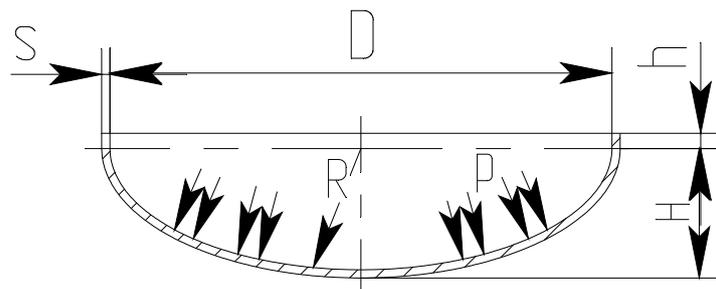


Рисунок 3 – Расчетная схема эллиптического днища

Затем для днищ проводится проверка допускаемого давления как в рабочем состоянии, так и при испытаниях:

$$p_p < [p];$$

$$p_n < [p],$$

Вышеуказанные формулы применимы при условии  $\frac{S-c}{D} \leq 0,1$ .

Варианты задания представлены в таблицах 1 и 2. Необходимо рассчитать толщину стенки обечайки и днища.

Таблица 1 – Параметры вулканизационного котла

№	Размеры котла		Рабочее давление в котле $p$ , МПа	Температура в котле $t_c$ , °С	Объем котла $V$ , м <sup>3</sup>	Марка стали	Скорость коррозии $P$ , мм/год	Срок эксплуатации $\tau_b$ , лет
	Внутренний диаметр $D$ , мм	Длина цилиндрической части $l_{ц}$ , м						
1	800	0,9	0,90	180	0,68	10	0,05	15
2	1100	1,5	0,60	160	1,85	20	0,09	12
3	1500	3,0	0,60	160	6,30	ВСт3пс	0,10	10
4	2000	4,0	0,60	160	16,00	ВСт3пс	0,08	12
5	2200	6,0	0,60	160	26,00	ВСт3Гпс	0,06	15
6	2800	6,0	0,40	150	43,20	10	0,05	10
7	2800	8,0	1,25	190	57,00	20	0,07	12
8	2800	16,0	0,60	150	91,00	ВСт3пс	0,09	10
9	3600	8,0	1,00	180	98,00	20	0,04	15

Таблица 2 – Параметры вертикального кожухотрубчатого теплообменника

№	Размеры корпуса		Рабочее давление $p$ , МПа	Температура в межтрубном про-	Плотность среды, $\rho_c$ , кг/м <sup>3</sup>	Марка стали	Скорость коррозии $P$ , мм/	Срок эксплуатации $\tau_b$ , лет
	Внутренний диаметр $D$ ,	Высота цилиндрической						

	мм	части Н <sub>ц</sub> , м		странств			год	
1	500	3	6,4	5	1000	ВСтЗсп	0,05	10
2	500	6	4,0	30	900	ВСтЗсп	0,04	15
3	600	6	2,5	200	1200	16ГС	0,03	10
4	600	9	1,6	320	1160	16ГС	0,06	12
5	800	6	2,0	-5	1300	Двухслой- ная 16ГС+ 12Х18Н10Т	0,02	15
6	800	9	3,0	120	1400	Двухслой- ная 16ГС+ 12Х18Н10Т	0,03	10
7	1000	6	4,2	20	800	ВСтЗсп5	0,07	15
8	1000	9	1,6	-10	1270	16ГС	0,04	12
9	1200	6	2,5	10	1000	16ГС	0,01	18
10	1200	9	6,4	60	1250	Двухслой- ная 16ГС+ 12Х18Н10Т	0,02	10
11	1400	6	3,0	100	1100	ВСтЗсп5	0,07	12
12	1400	9	2,0	80	950	ВСтЗсп5	0,08	15

Примечание: при расчете теплообменника необходимо учесть, что рабочая среда жидкая.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2

### РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ АППАРАТА, НАГРУЖЕННОГО НАРУЖНЫМ ДАВЛЕНИЕМ, ОСЕВОЙ СЖИМАЮЩЕЙ СИЛОЙ И ИЗГИБАЮЩИМ МОМЕНТОМ

При расчете толщины стенки необходимо учесть, что тонкостенный цилиндр под внешним давлением находится по сравнению с таким же цилиндром, нагруженным внутренним давлением в худших условиях, это объясняется тем, что нагружается цилиндрическая форма аппарата и появляются дополнительные напряжения.

Внешнее давление, под действием которого первоначальная форма цилиндрической оболочки начинает искажаться, называется критическим (рисунок 4).

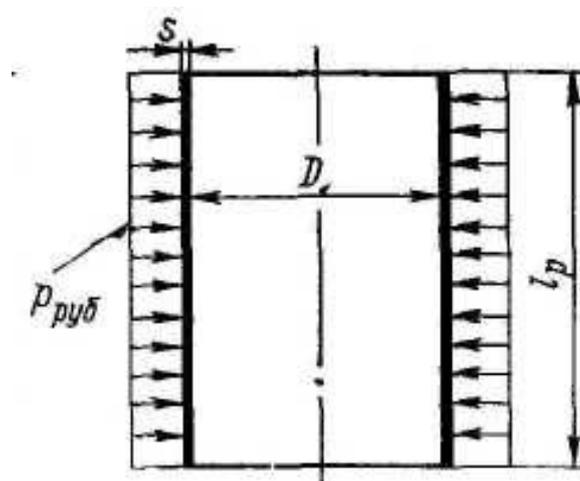


Рисунок 4 – Расчетная схема цилиндрической обечайки, нагруженной наружным давлением

Расчетная и исполнительная толщина стенки определяется по формулам:

$$S_p = \max \left\{ \frac{K_2 \cdot D \cdot 10^{-2}}{1,1 \cdot p_{н.р} \cdot D / 2 \cdot [\sigma]} \right\},$$

$$S = S_p + c + c_0,$$

где  $K_2$  – коэффициент, определяемый по номограммам [1];

$p_{н.р}$  – рабочее давление;

$c$  – прибавка к расчетной толщине обечайки;

$c_0$  – прибавка на округление размера до стандартного значения.

Пробное давление при гидравлических испытаниях

$$p_{и} = 1,25 \cdot p_{н.р} \cdot [\sigma]_{20} / [\sigma]$$

где  $[\sigma]_{20}$  – допускаемое напряжение для заданной марки стали при  $t=20^{\circ}\text{C}$ ;

$[\sigma]$  – допускаемое напряжение для рабочего состояния.

Условие устойчивости цилиндрической обечайки должно выполняться для рабочего состояния аппарата:

$$p_{н.р} < [p_{н}]$$

при испытании

$$p_{и} < [p_{н}]_{и},$$

где  $[p_{н}]$  и  $[p_{н}]_{и}$  – допускаемое наружное давление соответственно в рабочем состоянии и при испытании с учетом условия прочности в рабочем состоянии и условия устойчивости в пределах упругости, в зависимости от рабочей длины обечайки  $l_p$  [1].

Варианты задания представлены в таблицах 3 и 4. Необходимо рассчитать толщину стенки цилиндрической обечайки.

Таблица 3 – Параметры вертикального цельносварного аппарата

№	Внутренний диаметр D, мм	Диаметр нижнего штуцера внутренний D <sub>0</sub> , мм	Высота цилиндрической части H <sub>ц</sub> , м	Остаточное давление в аппарате p <sub>ост</sub> , МПа	Температура t <sub>с</sub> , °C	Марка стали	Прибавка к расчетной толщине с, мм
1	1000	50	2130	0,010	30	09Г2С	1,0
2	1400	80	2220	0,020	40	10Х17Н13М2Т	0,9
3	1400	120	3070	0,015	60	12Х18Н10Т	1,3
4	1800	100	3385	0,010	80	Двухслойная 20К+ 10Х17Н13М2Т	0,6
5	1800	150	3785	0,020	180	ВСт3пс	1,2
6	2200	200	4020	0,015	120	Двухслойная 20К+ 12Х18Н10Т	0,8

Таблица 4 – Параметры вертикального аппарата с перемешивающим

устройством

№	Внутренний диаметр D, мм	Высота цилиндрической части H <sub>ц</sub> , м	Остаточное давление в аппарате p <sub>ост</sub> , МПа	Температура t <sub>с</sub> , °С	Марка стали	Прибавка к расчетной толщине с, мм	Масса крышки с приводом m, кг
1	1000	1100	0,010	25	ВСт3сп	1,0	730
2	1400	1100	0,009	60	12Х18Н10Т	0,7	1000
3	1600	1200	0,011	80	16ГС	0,9	1270
4	1600	1700	0,018	40	09Г2С	1,1	1770
5	1800	1300	0,021	120	10Х17Н13М2Т	0,6	2150
6	1800	1800	0,012	130	20К	0,8	2300

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3

## РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ ОБЕЧАЙКА - ДНИЩЕ

Расчетные формулы, использованные в предыдущих занятиях, выведены для случая нагружения оболочек равномерно распределенными по поверхности статическими нагрузками и справедливы для оболочек, у которых не закреплены края, а также для участков, удаленных от закрепленных краев оболочки.

В реальных конструкциях машин и аппаратов края оболочек прикрепляются к другим оболочкам и к соответствующим деталям (фланцы, трубные решетки и т.п.). В таких узлах сопряжения возникают дополнительно, так называемые, краевые нагрузки, вызывающие местные напряжения изгиба в материалах сопрягаемых элементов [2].

Краевая сила  $Q_0$  и краевой момент  $M_0$  являются реакциями заделки края оболочки (рисунок 5).

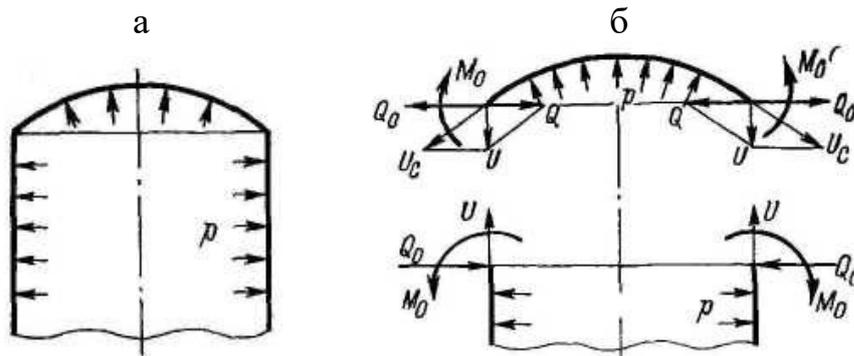


Рисунок 5 – Схема к определению краевых сил и моментов:  
 а – соединение сферической и цилиндрической оболочек; б –  
 расчетная схема;  $U$  и  $U_c$  – меридиональные усилия соответственно  
 цилиндрической и сферической оболочек.

Основными уравнениями для определения напряжений являются уравнения совместности деформаций:

$$\begin{cases} \Delta_p^u - \Delta_{Q_0}^u + \Delta_{M_0}^u = \Delta_p^c + \Delta_{(Q_0-Q)}^c + \Delta_{M_0}^c \\ \Theta_p^u - \Theta_{Q_0}^u + \Theta_{M_0}^u = -\Theta_p^c - \Theta_{(Q_0-Q)}^c - \Theta_{M_0}^c \end{cases}$$

где  $\Delta_p^u$ ,  $\Delta_{Q_0}^u$ ,  $\Delta_{M_0}^u$ ,  $\Theta_p^u$ ,  $\Theta_{Q_0}^u$ ,  $\Theta_{M_0}^u$  – радиальные, угловые деформации края цилиндрической оболочки под действием нагрузок  $p$ ,  $Q_0$ ,  $M_0$ ;

$\Delta_p^c$ ,  $\Delta_{(Q_0-Q)}^c$ ,  $\Delta_{M_0}^c$ ,  $\Theta_p^c$ ,  $\Theta_{(Q_0-Q)}^c$ ,  $\Theta_{M_0}^c$  – то же для сферической оболочки.

Подставляя соответствующие значения деформаций из таблицы [1] в данное уравнение, с учетом известных геометрических размеров аппарата, получим значения  $Q_0$ ,  $M_0$ .

Суммарные значения напряжений также определяются по таблицам [1].

Максимальные напряжения по краю оболочек должны быть проверены по условию прочности [1].

По данной теме необходимо: рассчитать на прочность соединение цилиндрической и конической обечаек с 1,2 мм по исходным данным таблицы 5.

Таблица 5 – Параметры вертикального колонного аппарата

№	Внутренний диаметр низа аппарата $D_0$ , мм	Внутренний диаметр верха аппарата $D$ , мм	Угол конуса $\alpha$ °С	Толщина стенки $s=s_k$ , мм	Внутреннее давление $p_p$ , МПа	Температура стенки $t$ , °С	Марка стали (меди, латуни, титана)
1	1000	1200	30	8	0,25	100	МЗр (медь)
2	1400	1800	45	12	0,30	50	ЛЖМц (латунь)
3	1200	1200	70	10	0,45	200	08Х22Н6Т
4	2200	2400	45	8	0,20	150	09Г2С
5	1000	2200	30	14	080	100	10Х17Н13М2Т
6	1800	2400	30	12	0,75	300	ОТ4 (титан)
7	1600	1800	70	16	1,00	250	08Х18Г8М2Т
8	1200	2400	45	10	1,20	200	ВТ1-0 (титан)
9	2000	2200	70	8	0,60	150	10Х17Н13М3Т
10	1400	2400	30	14	0,90	50	М2 (медь)
11	2200	2400	45	12	1,00	300	08Х22Н6Т
12	1800	2200	45	16	1,40	100	ЛС59-1 (латунь)
13	1600	2000	30	10	1,20	150	08Х21Н6М2Т

Рассчитать на прочность соединение двух цилиндрических обечаек, имеющих разную толщину стенки  $s=1$  мм, по данным таблицы 6.

Таблица 6 – Параметры вертикального колонного аппарата постоянного сечения

№	Внутренний диаметр аппарата D, мм	Внутреннее давление p <sub>p</sub> , МПа	Температура стенки t, °С	Марка стали (меди, латуни, титана)	Толщина стенки, мм	
					s <sub>1</sub>	s <sub>2</sub>
1	1600	0,90	200	08X18H10T	8	16
2	200	0,65	250	BT1-1 (титан)	10	18
3	2000	0,85	150	M2 (медь)	12	24
4	2400	1,00	100	16ГС	8	14
5	2000	1,60	100	ЛС59-1 (латунь)	10	20
6	1200	1,00	300	ВСт3сп	14	24
7	1000	0,80	300	20К	12	18
8	2400	1,20	250	M3p (медь)	12	20
9	1000	1,50	150	08X18H12T	10	18
10	1200	0,75	200	OT4 (титан)	8	18
11	1600	0,50	150	ЛЖМц (латунь)	14	24
12	1000	0,60	100	ВСт3сп5	16	24
13	1200	0,35	200	12X18H10T	10	18
14	2000	0,25	300	BT1-0 (титан)	12	24
15	2400	0,50	100	08X18H10T	12	18
16	2200	0,40	250	10X17H13M3T	8	14

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4

### РАСЧЕТ НА УКРЕПЛЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ. ВЫБОР ТИПА УКРЕПЛЕНИЯ

В корпусе и днище цилиндрических аппаратов для установки люков и штуцеров вырезают отверстия. Вырезанное отверстие возможно укрепить: за счет увеличения толщины стенки штуцера, торообразной вставкой, накладным кольцом. В расчетной практике наибольшее распространение получил способ укрепления отверстия накладным кольцом (рисунок б).

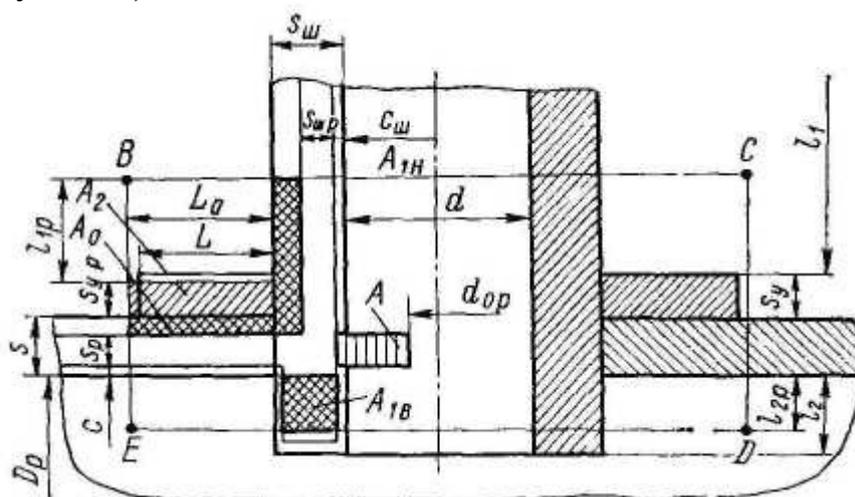


Рисунок б – Схема к расчету укрепления отверстия

Расчетный диаметр отверстия, не требующего дополнительного укрепления при отсутствии избыточной толщины стенки укрепленного элемента

$$d_{0p} = 0,4 \sqrt{D_p (s - c)}$$

Условие укрепления отверстия утолщением стенки аппарата, штуцером, накладным кольцом или комбинированным укреплением.

$$\begin{aligned} & \left[ (l_{1p} + s_{yp} + s - s_p - c) \cdot (s_{ш} - s_{up} - c_{ш}) + l_{2p} \cdot (s_{ш} - 2c_{ш}) \right] \cdot \chi_1 + \sqrt{D_p \cdot (s_{yp} + s - c)} \times \\ & \times (\chi_2 \cdot s_{yp} + s - s_p - c) \geq 0,5 \cdot (d_p - d_{0p}) \cdot s_p, \end{aligned}$$

где  $l_{1p}$  – расчетная длина внешней части штуцера;

$l_{2p}$  – расчетная длина внутренней части штуцера;

$s_{yp}$  – расчетная толщина накладного кольца;

$l_1$  – общая длина штуцера,  $l_1 = 200$  мм;

$s$  – исполнительная толщина стенки аппарата;

$s_p$  – расчетная толщина стенки аппарата;

$c$  – прибавка к расчетной толщине стенки аппарата;

$s_{ш}$  – исполнительная толщина стенки штуцера;

$s_{шр}$  – расчетная толщина стенки штуцера;

$c_{ш}$  – прибавка к расчетной толщине стенки штуцера;

$\chi_1 = [\sigma]_{ш} / [\sigma]$ ;

$[\sigma]_{ш}$  – допускаемое напряжение материала корпуса;

$\chi_2 = [\sigma]_y / [\sigma]$ ;

$[\sigma]_y$  – допускаемое напряжение усиливающего элемента;

$d_p$  – расчетный диаметр отверстия;

$d_{0p}$  – расчетный диаметр отверстия, не требующего укрепления.

Расчетная толщина накладного кольца  $S_{ур}$  определяется методом последовательных приближений из условия укрепления отверстия.

Исполнительная толщина накладного кольца принимается по конструктивным соображениям [1].

По теме данного занятия необходимо рассчитать укрепление отверстия, предварительно выбрав тип укрепления.

Исходные данные представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Параметры укрепляемых цилиндрических оболочек

№	Внутренний диаметр оболочки (максимальный) $D$ , мм	Марка стали	Расчетное давление, МПа	Расчетная температура $t$ , °C	Длина неукрепленной части оболочки $l$ , мм	Исполнительная толщина стенки оболочки $s$ , мм	Диаметр отверстия $d$ , мм	Длина внешней части штуцера $l_1$ , мм	Длина внутренней части штуцера $l_2$ , мм	Прибавка к расчетной толщине стенки $c$ , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2400	ВСтЗсп	0,6	100	2500	7	500	300	15	0,8
2	2400	12X18H10T	1,0	100	2500	10	150	250	5	1,0
3	2400	08X18H10T	1,6	100	2500	18	200	250	5	1,2
4	2800	09Г2С	0,3	200	7200	5	200	150	-	1,0
5	2800	20К	0,8	200	9000	12	300	150	5	0,8
6	2800	10X17H13M2T	1,2	200	1200	16	300	250	5	1,0
7	3000	ВСтЗсп	1,0	300	1300	18	500	250	-	1,2

Продолжение таблицы 7

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
8	2000	BCт3сп	0,6	100	2500	8	150	150	-	1,0
9	2800	09Г2С	0,5	150	7200	8	200	150	-	0,8
10	2400	20К	0,5	200	4500	8	250	200	5	1,0
11	2800	10X17H13M2T	0,4	250	9000	8	300	200	-	1,2
12	2800	08X18H10T	0,5	300	7200	10	400	300	10	1,0
13	2000	08X18H10T	1,6	20	2500	16	200	200	5	1,2
14	1800	20К	0,6	20	2800	6	180	200	-	1,0
15	1000	12X18H10T	1,2	20	1800	8	120	150	10	1,0
16	1000	BCт3сп	1,0	20	2000	8	150	250	-	1,2
17	1200	12X18H10T	0,6	20	1500	5	200	250	-	1,0
18	1800	12X18H10T	0,8	20	2800	7	100	120	-	1,0
19	1800	12X18H10T	0,8	20	2500	7	200	200	10	1,0
20	1200	09Г2С	0,8	100	2500	6	150	200	-	1,2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## **Методические указания**

по выполнению самостоятельной работы

по дисциплине «Методы оптимизации проектирования технологического  
оборудования»

для студентов направления подготовки 15.04.02 Технологические машины и  
оборудование, направленность (профиль) Проектирование технологического  
оборудования

(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины.....	5
2 План-график выполнения самостоятельной работы.....	6
3 Контрольные точки и виды отчетности по ним.....	7
4 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.....	7
5 Тематический план дисциплины.....	8
6 Вопросы для собеседования.....	9
7 Методические рекомендации по изучению теоретического материала.....	11
8 Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.....	12
9 Методические рекомендации при работе над конспектом во время проведения лекции.....	12
10 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.....	13

## Введение

Настоящее пособие разработано на основе:

- Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (далее ФГОС ВО);
- нормативно-методических документов Минобрнауки России;
- Устава ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»;
- Приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 N 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры» (Зарегистрировано в Минюсте России 13.08.2021 N 64644);
- локальных нормативных актов ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

На современном рынке труда конкурентоспособным может стать только квалифицированный работник соответствующего уровня и профиля, компетентный, свободно владеющей своей профессией и ориентированный в смежных областях деятельности, способный к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов и готовый к постоянному профессиональному росту.

Самостоятельная работа студента направлена на достижение целей подготовки специалистов-профессионалов, активное включение обучаемых в сознательное освоение содержания образования, обеспечение мотивации, творческое овладение основными способами будущей профессиональной деятельности. Чтобы подготовить и обучить такого профессионала, высшим учебным заведениям необходимо скорректировать свой подход к планированию и организации учебно-воспитательной работы. Это в равной степени относится к изменению содержания и характера учебного процесса. В современных реалиях задача преподавателя высшей школы заключается в организации и направлении познавательной деятельности студентов, эффективность которой во многом зависит от их самостоятельной работы. В свою очередь, самостоятельная работа студентов должна представлять собой не просто самоцель, а средство достижения прочных и глубоких знаний, инструмент формирования активности и самостоятельности студентов.

В связи с введением в образовательный процесс новых образовательных стандартов, с уменьшением количества аудиторных занятий по дисциплинам возрастает роль самостоятельной работы студентов. Возникает необходимость оптимизации самостоятельной работы студентов (далее - СРС). Появляется необходимость модернизации технологий обучения, что существенно меняет подходы к учебно-методическому и организационно-техническому обеспечению учебного процесса.

Данная методическая разработка содержит рекомендации по организации, управлению и обеспечению эффективности самостоятельной работы студентов в процессе обучения в целях формирования необходимых компетенций.

Самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом учебного процесса для каждого студента и определяется учебным планом. Виды самостоятельной работы студентов определяются при разработке рабочих программ и учебных методических комплексов дисциплин содержанием учебной дисциплины. При определении содержания самостоятельной работы студентов следует учитывать их уровень самостоятельности и требования к уровню самостоятельности выпускников для того, чтобы за период обучения искомый уровень был достигнут. Так, удельный вес самостоятельной работы при обучении в очной форме составляет до 50% от количества

аудиторных часов, отведённых на изучение дисциплины, в заочной форме - количество часов, отведенных на освоение дисциплины, увеличивается до 90%.

Самостоятельная работа определяется как индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства педагога, но по его заданиям и под его контролем.

Самостоятельная работа – это познавательная учебная деятельность, когда последовательность мышления студента, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня, что в итоге приводит к развитию навыка самостоятельного планирования и реализации деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение необходимыми компетенциями по своему направлению подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности.

На основании компетентного подхода к реализации профессиональных образовательных программ, видами заданий для самостоятельной работы являются:

- *для овладения знаниями*: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и информационно-телекоммуникационной сети Интернет и др.

- *для закрепления и систематизации знаний*: работа с конспектом лекции, обработка текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей), повторная работа над учебным материалом, составление плана, составление таблиц для систематизации учебного материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др.), завершение аудиторных практических работ и оформление отчётов по ним, подготовка мультимедиа сообщений/докладов к выступлению на семинаре (конференции), материалов-презентаций, подготовка реферата, составление библиографии, тематических кроссвордов, тестирование и др.

- *для формирования умений*: решение задач и упражнений по образцу, решение вариативных задач, выполнение чертежей, схем, выполнение расчетов (графических работ), решение ситуационных (профессиональных) задач, подготовка к деловым играм, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, рефлексивный анализ профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Самостоятельная работа проводится в виде упражнений при изучении нового материала, упражнений в процессе закрепления и повторения, упражнений проверочных и контрольных работ, а также для самоконтроля.

Для организации самостоятельной работы необходимы следующие условия:

1. готовность студентов к самостоятельному труду;

2. наличие и доступность необходимого учебно-методического и справочного материала;

3. консультационная помощь.

Самостоятельная работа может проходить в лекционном кабинете, компьютерном зале, библиотеке, дома. Самостоятельная работа способствует формированию компетенций, тренирует волю, воспитывает работоспособность, внимание, дисциплину и ответственность.

### 1 Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины

Дисциплина «Методы оптимизации проектирования технологического оборудования» относится к дисциплине базовой части. Она направлена на формирование профессиональных компетенций обучающихся в процессе выполнения работ, определенных ФГОС ВО.

Наименование компетенций:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
<b>ПК-2</b> Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок	<b>ИД-1</b> ПК-2 анализирует проведение экспериментов в соответствии с установленными полномочиями	Пороговый уровень методов работ по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции Повышенный уровень основных и вспомогательных материалы, спосо-бы реализации технологических процессов
	<b>ИД-2</b> ПК-2 осуществляет оформление результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	Пороговый уровень внедрение новых методов и средств технического контроля и новых видов оборудования, проектировать и эксплуатировать оборудование Повышенный уровень основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, приме-нять прогрессивные методы эксплуатации техно-

		логического оборудования при изготовлении технологических машин
	ИД-3 ПК-2 осуществляет выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок	<p>Пороговый уровень использует способность участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции</p> <p>Повышенный уровень способность выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин</p>

В рамках курса дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» самостоятельная работа студентов находит активное применение и включает в себя различные виды деятельности:

- подготовка к практическим занятиям, в том числе работа с методическими указаниями, средствами массовой информации;
- подготовка к лекциям, в том числе самостоятельное углубленное изучение теоретического курса по рекомендованной литературе;
- подготовка к промежуточной аттестации.

Цель самостоятельной работы студента при подготовке к лекциям заключается в получении новых знаний, приобретенных при более глубоком изучении литературы по дисциплине.

Задачи:

- доработка и повторение конспектов лекции;
- осмысление содержания лекции, логической структуры, выводов.

Цель самостоятельной работы студента при подготовке к практическим занятиям заключается в углублении, расширении, детализировании знаний, полученных на лекциях в обобщенной форме.

Задачи:

- развить способность применять полученные знания на практике при решении конкретных задач;
- проверить знания студентов, полученные на лекциях и при самостоятельном изучении литературы.

## 2 План-график выполнения самостоятельной работы

Таблица 1 – Виды самостоятельной работы для очной формы обучения

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателям	Всего
<b>3 семестр</b>					
ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3 ПК-2	Подготовка к практическому занятию	Собеседование	10,08	1,35	13,5
ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3 ПК-2	Самостоятельное изучение литературы	Собеседование	10,08	1,35	13,5
<b>Итого за 3 семестр</b>			<b>21,6</b>	<b>2,7</b>	<b>27</b>
<b>Итого</b>			<b>21,6</b>	<b>2,7</b>	<b>27</b>

### 3 Контрольные точки и виды отчетности по ним

В рамках рейтинговой системы успеваемость студентов по каждой дисциплине оценивается в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

#### 4 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Компетенция (ии), индикатор (ы)	Уровни сформированности компетенци(ий),			
	Минимальный уровень не достигнут (Неудовлетворительно) 2 балла	Минимальный уровень (удовлетворительно) 3 балла	Средний уровень (хорошо) 4 балла	Высокий уровень (отлично) 5 баллов
<i>Компетенция: ПК-2</i> Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок				
ИД-1 анализирует проведение экспериментов в соответствии установленными полномочиями	ПК-2 В С не понимает основы принципы методы работ по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции ;	не в достаточном объеме понимает методы работ по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции	понимает основы принципы методы работ по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции	понимает основы и принципы основных и вспомогательных материалов, способы реализации технологических процессов
ИД-2 осуществляет оформление результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	ПК-2 не применяет принципы внедрение новых методов и средств технического контроля и новых видов оборудования, проектировать и эксплуатировать оборудование	не в достаточном объеме принципы внедрение новых методов и средств технического контроля и новых видов оборудования, проектировать и эксплуатировать оборудование	применяет принципы внедрение новых методов и средств технического контроля и новых видов оборудования, проектировать и эксплуатировать оборудование	учитывает и оценивает принципы основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации и технологического оборудования

					я при изготовлении и технологических машин
ИД-3 осуществляет выполнение экспериментов оформление результатов исследований разработок	ПК-2 и и	не использует методы принципы способность участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов	не использует методы принципы способность участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов	применяет методы способность участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов ;	использует методы принципы способность выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации и технологического оборудования при изготовлении и технологических машин

### 5 Тематический план дисциплины

№	Раздел (тема) дисциплины и краткое содержание	Формируемые компетенции, индикаторы	очная форма	
			Контактная работа обучающихся с преподавателем /из них в форме практической подготовки, часов	Самостоятельная работа, часов

			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1	Выбор оптимального решения при создании продуктов	ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3 ПК-2	13,5	13,5	-	27
	ИТОГО за 3 семестр		13,5	13,5	-	27
	ИТОГО		13,5	13,5	-	27

## **6 Вопросы для собеседования**

1. В каких случаях используют капиллярные методы контроля?
2. Какие методы контроля используют для определения толщины
3. материала?
4. Почему акустические методы контроля нашли широкое применение в
5. промышленности?
6. Что используют для возбуждения ультразвуковых колебаний?
7. Какие искательные головки используют для контроля
8. конструкционных материалов?
9. Каков принцип действия толщиномера?
10. Какие узлы включает в себя электронный блок толщиномера?
11. Какие методы капиллярной дефектоскопии Вы знаете?
12. Какие вещества применяют в качестве проявителей?
13. Основы математического обеспечения эксперимента
14. Последовательность построения математической модели процесса
15. Способы анализа, обработки, систематизации информации в профессиональной сфере
16. Прогрессивные методы автоматизированного проектирования
17. Отличие численного моделирования от математического.
18. Имитационная оптимизация управления технологическими процессам.
19. Энергетические ограничения конструктивных изменений привода вращения рабочего органа
20. Структурные особенности механизмов, эволюционное развитие принципиальных схем
21. Комбинированный метод оптимизации процесса проектирования технологического оборудования.
22. Аналитические методы оптимизации технологического процесса производства
23. Кинематические и динамические принципы организации работы механизмов

## **7 Методические рекомендации по изучению теоретического материала**

Самостоятельная работа студента в ходе лекционных занятий включает изучение вопросов теории, вынесенных на самостоятельное изучение в соответствии с рабочей программой дисциплины, проработку лекционных материалов для подготовки к контролю знаний на

лекционных занятиях (опрос) и подготовку вопросов для обсуждения при консультации с преподавателем.

Работа с лекционным материалом не завершается по окончании лекции. На 2 часа лекции необходимо затратить около часа на работу с конспектом. За это время необходимо перечитать записи, пополнить их данными, которые удалось запомнить из речи преподавателя, но не удалось записать. Работая с конспектом, нужно отметить непонятные вопросы для выяснения которые у преподавателя на консультации. Отдельно следует выделить связанные с темой лекции вопросы, которые преподаватель поручил проработать самостоятельно.

Активно проработанный в течение семестра конспект лекций в дальнейшем служит основой для подготовки к экзамену.

Вопросы для самостоятельного изучения представлены в п. 5.

Самостоятельная работа в ходе **практикума** включает выполнение заданий к практическим занятиям, в частности решение задач различного уровня сложности. Задачи приведены в методических указаниях к практическим занятиям и фондах оценочных средств.

Зная тему практического занятия, необходимо готовиться к нему заблаговременно. Для эффективной подготовки к практическому занятию необходимо иметь методическое руководство к практическому занятию.

Критерии оценивания практических занятий представлен в фонде оценочных средств.

При проверке практического задания, оцениваются: последовательность и рациональность изложения материала; полнота и достаточный объем ответа; научность в оперировании основными понятиями; использование и изучение дополнительных литературных источников  
Критерии оценивания результатов самостоятельной работы: вопросы для собеседования и экзамена приведены Фонде оценочных средств по дисциплине

## **8 Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа является одним из видов учебной деятельности обучающихся, способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Аудиторная самостоятельная работа по учебной дисциплине осуществляется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя без его непосредственного участия.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать специфику изучаемой учебной дисциплины, индивидуальные особенности обучающегося.

Контроль самостоятельной работы и оценка ее результатов организуется как единство двух форм:

1. самоконтроль и самооценка обучающегося;
2. контроль и оценка со стороны преподавателя.

## **9 Методические рекомендации при работе над конспектом во время проведения лекции**

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать

преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В ходе подготовки к семинарам изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на семинар. Готовясь к докладу или реферативному сообщению, обращаться за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании работ.

### **10 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям**

Практическое занятия – один из самых эффективных видов учебных занятий, на которых студенты учатся творчески работать, аргументировать и отстаивать свою позицию, правильно и доходчиво излагать свои мысли перед аудиторией. Основное в подготовке и проведении практических занятий – это самостоятельная работа студента над изучением темы. Студент обязан точно знать план занятия либо конкретное задание к нему. На занятии обсуждаются узловые вопросы темы, однако там могут быть и такие, которые не были предметом рассмотрения на лекции. Могут быть и специальные задания к той или иной теме.

Готовиться к практическому занятию следует заранее. Необходимо внимательно ознакомиться с планом и другими материалами, уяснить вопросы, выносимые на обсуждение. Затем нужно подобрать литературу и другой необходимый, в т.ч. рекомендованный, материал (через библиотеку, учебно-методический кабинет кафедры и др.). Но прежде всего, следует обратиться к своим конспектам лекций и соответствующему разделу учебника. Изучение всех источников должно идти под углом зрения поиска ответов на выносимые на практико-ориентированные занятия вопросы.

Завершающий этап подготовки к занятиям состоит в выполнении индивидуальных заданий.

В случае пропуска занятия студент обязан подготовить материал и отчитаться по нему перед преподавателем в обусловленное время. Может быть предложено отдельным бакалаврам, ввиду их слабой подготовки, более глубоко освоить материал и прийти на индивидуальное собеседование.

Студент не допускается к зачету, если у него есть задолженность по практическим занятиям.