

Содержание

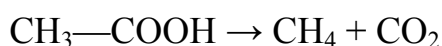
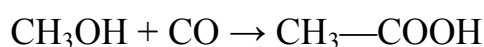
ВВЕДЕНИЕ	7
1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТАНОВКИ.....	8
2 ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ОБОРУДОВАНИЯ.....	11
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ	19
3.1 Исходные данные к расчету.....	19
3.2 Расчет требуемых составов продуктов колонны	20
3.3 Расчет секции питания.....	21
3.4 Определение предварительных количеств продуктов колонны	23
3.5 Расчет флегмового и парового чисел	24
3.6 Определение места ввода питания	25
3.7 Уточненный расчет составов продуктов колонны	27
3.8 Расчет диаметров основных штуцеров колонны	29
3.9 Расчет диаметра колонны.....	30
3.10 Расчет действительного числа тарелок с учетом КПД	31
3.11 Определение высотных размеров колонны.....	32
4 РАСЧЕТ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	34
4.1 Расчет теплообменника-испарителя для кубовой жидкости.....	34
5 РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ АППАРАТА НА ПРОЧНОСТЬ	35
5.1 Выбор материала	35
5.2 Расчет обечайки.....	36
5.3 Расчет днища	38
6 МОНТАЖ КОЛОННЫ	40
6.1 Доставка оборудования на монтажную площадку	40
6.2 Способ монтажа ректификационной колонны.....	40
6.3 Расчет такелажной оснастки	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	48

1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТАНОВКИ

Рассмотрим способ получения уксусной кислоты путем оксосинтеза из спиртов. Взаимодействие спиртов с окисью углерода можно осуществлять с помощью кислотных катализаторов, но они не получили практического применения, так как вызывают образование большого количества побочных веществ (простых эфиров, олефинов и их полимеров, продуктов изомеризации и т. д.).

Более удовлетворительные результаты получаются с катализаторами из металлического никеля (плюс йодистая медь или иод), из йодистого никеля с добавками металла-акцептора (Co, Cu, Fe) или его органической соли с добавкой промотора (галогениды щелочных металлов, галогены, алкангалогениды).

Взаимодействие спиртов с окисью углерода при катализе использовано в промышленности для производства уксусной кислоты из метанола. Оно сопровождается побочным образованием метилацетата, метана и двуокиси углерода:



Выход уксусной кислоты в оптимальных условиях составляет 90-98%. Этот метод синтеза позволяет базировать производство уксусной кислоты на метане (метан → синтез-газ → метанол → кислота) или на каменном угле (водяной газ → метанол → кислота) и, по некоторым данным, является самым экономичным для производства уксусной кислоты.

Для производства уксусной кислоты принимаем следующую технологическую схему [1, стр. 527], изображенную на рисунке 1.1.

		N							8

деляется на две жидкие фазы в сепараторе 11. Верхняя фаза, представляющая собой водный раствор, служит флегмой колонны 8, а тяжелая фаза, состоящая в основном из CH_3I , возвращается насосом в реактор. Из средней части колонны 8 отбирают сырую уксусную кислоту, а кубовую жидкость возвращают в сепаратор 6.

Сырая уксусная кислота поступает в колонну обезвоживания 12. Кроме того, уксусная кислота освобождается от HI , для облегчения чего на одну из тарелок подается метанол, дающий с HI летучий CH_3I . Часть паров дистиллята после конденсации и охлаждения до $30 \dots 40 \text{ }^\circ\text{C}$ направляется на орошение колонны 12, а остальные пары возвращаются в реактор. Кубовая жидкость колонны 12 закачивается в среднюю часть ректификационной колонны 13, в которой отгоняется технически чистая уксусная кислота. Кубовый остаток этой колонны отправляют на сжигание.

		N				10

В тарельчатых аппаратах (рисунок 2.1, а) контакт между фазами происходит при прохождении пара (газа) сквозь слой жидкости, находящейся на контактном устройстве (тарелке) жидкостью осуществляется на поверхности специальных насадочных тел, а также в свободном пространстве между ними [2].

В ректификационных колоннах применяются тарелки различных конструкций (колпачковые, клапанные, струйные, провальные и т.п.), существенно различающиеся по своим рабочим характеристикам и технико-экономическим данным.

При выборе конструкции контактного устройства учитывают как их гидродинамические и массообменные характеристики, так и экономические показатели работы колонны при использовании того или иного типа контактных устройств.

Классификация тарелок. В настоящее время в промышленной практике известны сотни различных конструкций тарелок, которые можно классифицировать по способу передачи жидкости с тарелки на тарелку, по способу взаимодействия жидкой и паровой (газовой) фаз, по характеру диспергирования взаимодействующих фаз, по конструкции устройства для ввода пара (газа) в жидкость и др.

По способу передачи жидкости различают тарелки со специальными переточными устройствами и тарелки провальные.

По характеру диспергирования взаимодействующих фаз различают тарелки барботажного и струйного типов.

В зависимости от конструкции устройств для ввода пара в жидкость различают ситчатые (дырчатые), колпачковые, клапанные, язычковые (чешуйчатые) и другие типы тарелок. Рассмотрим некоторые типы тарелок [3].

Рассмотрим особенности работы барботажной тарелки на примере колпачковой тарелки с круглыми колпачками, схема которой приведена на рисунке 2.2.

Жидкость поступает на полотно тарелки из переливного устройства и течет от приточной стороны тарелки к сточной, при этом на тарелке возникает градиент уровня жидкости. Стенка переливного устройства погружена в жидкость, находящуюся на нижележащей тарелке, что обеспечивает в колонне соответствующий гидравлический затвор, исключая возможность прохождения паров через переливное устройство.

		N				12

зон рабочих нагрузок в условиях достаточно высокой эффективности; сопротивление одной теоретической тарелки ($\Delta p/\eta$) при различных рабочих нагрузках; возможность работы на средах, склонных к полимеризации, образованию инкрустаций и т.п.; простоту конструкции, проявляющуюся в трудоемкости изготовления, монтажа, ремонтов; металлоемкость [5].

В большинстве случаев для оценки конструкции решающее значение имеют первые четыре показателя.

На основании представленного обзора конструкций разрабатываемого технологического оборудования можно определить наиболее предпочтительную конструкцию ректификационной колонны, это колонна с колпачковыми тарелками.

Способы получения уксусной кислоты также различны, но предпочтение необходимо делать в сторону уменьшения расходов и сбережения, как энергоресурсов, так и ресурсов природной среды.

На основании представленного обзора конструкций разрабатываемого технологического оборудования можно определить наиболее предпочтительную конструкцию ректификационной колонны – колонна с провальными решетчатыми тарелками.

Тогда константа фазового равновесия

$$k = P_v/P$$

Процесс подбора температуры ведется с использованием итераций. На первой итерации принимаем значение температуры в секции питания

$$T_L = 400 \text{ K} = 127^\circ$$

После определения значения выражения (4.2) осуществляем корректировку принятой температуры. Если сумма концентраций компонентов более 1, то температуру понижаем, в противном случае увеличиваем. Опуская процесс итераций приведем определенное значение температуры питательной секции

$$T_L = 409.9 \text{ K} = 136.9^\circ \text{ C}$$

Тогда значения коэффициента фазового равновесия для уксусной кислоты

$$\tau = 409.9 / 594.4 = 0,690$$

$$f_0 = 1.69347 \times 0,690^6 - 6.09648/0,690 - 1.28862 \ln(0,690) + 5.92714 = -2.253$$

$$f_1 = 0.43577 \times 0,690^6 - 15.6875/0,690 - 13.4721 \ln(0,690) + 15.2518 = -2.443$$

$$P_v = 5.79 \times \exp(-2.253 - 0.454 \times 2.443) = 2.006 \times 10^5 \text{ Па} = 0.2006 \text{ МПа}$$

$$k_1 = 0.2006 \text{ МПа} / 0.20 \text{ МПа} = 1.003$$

Для воды

$$\tau = 409.9 / 647.4 = 0,633$$

$$f_0 = 1.69347 \times 0,633^6 - 6.09648/0,633 - 1.28862 \ln(0,633) + 5.92714 = -3.005$$

$$f_1 = 0.43577 \times 0,633^6 - 15.6875/0,633 - 13.4721 \ln(0,633) + 15.2518 = -3.340$$

$$P_v = 22.05 \times \exp(-3.005 - 0.344 \times 3.340) = 3.464 \times 10^5 \text{ Па} = 0.3464 \text{ МПа}$$

$$k_2 = 0.3464 \text{ МПа} / 0.20 \text{ МПа} = 1.732$$

Для пропионовой кислоты

$$\tau = 409.9 / 612.0 = 0.670$$

$$f_0 = 1.69347 \times 0.670^6 - 6.09648/0.670 - 1.28862 \ln(0.670) + 5.92714 = -2.507$$

$$f_1 = 0.43577 \times 0.670^6 - 15.6875/0.670 - 13.4721 \ln(0.670) + 15.2518 = -2.731$$

$$P_v = 5.37 \times \exp(-2.507 - 0.563 \times 2.731) = 0.941 \times 10^5 \text{ Па} = 0.0941 \text{ МПа}$$

$$k_3 = 0.0941 \text{ МПа} / 0.20 \text{ МПа} = 0.470$$

Соответственно состав жидкости после однократного испарения сырья в питательной секции

		N				22

Согласно принятым составам продуктов колонны доля легкого компонента в дистилляте и остатке составят

$$Y_D = 0.001335$$

$$X_R = 0.181495$$

Минимальное число теоретических тарелок, соответствующее режиму «полного» орошения, определяется по методу Фенске:

$$N_{t_{\min}} = \frac{\ln \frac{X_R (1 - Y_D)}{Y_D (1 - X_R)}}{\ln(\alpha)} = \frac{\ln \frac{0,181495 \times (1 - 0,001335)}{0,001335 (1 - 0,181495)}}{\ln(3,85)} = 21.12$$

Число теоретических тарелок, соответствующее рабочим флегмовому и паровому числам, рассчитывается по формуле:

$$N_t = 1,7N_{t_{\min}} + 0,7 = 1,7 \times 21.12 + 0,7 = 36.6$$

Поскольку число тарелок не может быть дробным, то округляем в большую сторону

$$N_t = 37$$

3.5 Расчет флегмового и парового чисел

Минимальное флегмовое число, соответствующее минимальной разделяющей способности тарелок, определяется по формуле:

$$R_{p_{\min}} = \sum \left(\frac{\phi Y_{Di}}{\alpha_i - \phi} \right),$$

где параметр ϕ находится из соотношения:

$$\sum \left(\frac{\alpha_i X_{Li}}{\alpha_i - \phi} \right) = e.$$

Для решения этого уравнения воспользуемся численным методом. Интервал варьирования ϕ есть $1 \div \alpha$. Опуская процесс поиска решения, приведем результат

$$R_{p_{\min}} = 1.22$$

Рабочее флегмовое число, соответствующее оптимальной способности тарелок, рассчитывается по формуле:

$$R_p = 1,35 R_{p_{\min}} + 0,35 = 1,35 \times 1,22 + 0,35 = 1,997 \approx 2.00$$

		N			24

$$T_D = 404.7 \text{ K} = 131.7 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$k_1 = 1,000 \quad k_2 = 1,727; \quad k_3 = 0.460$$

Проверка условия (3.3):

$$\frac{0.998398}{1.000} + \frac{0.001335}{1.727} + \frac{0.000267}{0.460} = 1.000$$

Температура низа колонны T_R находится аналогично по уравнению состояния изотермы жидкой фазы в виде:

$$X_R k_1 + (1 - X_R) k_2 = 1. \quad (3.4)$$

Константы фазового равновесия рассчитываются как и ранее при параметрах низа колонны. Результат численного решения уравнения (3.4):

$$T_R = 415.4 \text{ K} = 142.4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$k_1 = 1.123; \quad k_2 = 1,938; \quad k_3 = 0.537$$

Проверка условия (3.4):

$$0.355872 \times 1.123 + 0.181495 \times 1.938 + 0.462633 \times 0.537 = 1.000$$

Коэффициент относительной летучести для отгонной секции:

$$\alpha = \frac{k_2}{k_3} = \frac{1,727}{0,460} = 3.75$$

Минимальное число тарелок в отгонной секции:

$$N_{Omin} = \frac{\ln \frac{X_C (1 - Y_D)}{Y_D (1 - X_C)}}{\ln(\alpha)} = \frac{\ln \frac{0,001634 (1 - 0,001355)}{0,001355 (1 - 0,001634)}}{\ln(3,75)} = 14.52$$

Число теоретических тарелок в отгонной секции рассчитывается с округлением в большую сторону по формуле:

$$N_{O2} = N_t \frac{N_{Otn}}{N_{Otn} + 1}$$

где вспомогательная величина N_{Otn} равна

$$N_{Otn} = \frac{N_{Omin}}{N_{tmin} - N_{Omin}} = \frac{14.52}{21.12 - 14.52} = 2,20$$

Соответственно

$$N_{O2} = 21.12 \times \frac{2,20}{2,20 + 1} = 15.52$$

Округляя, получим

		N			
					26

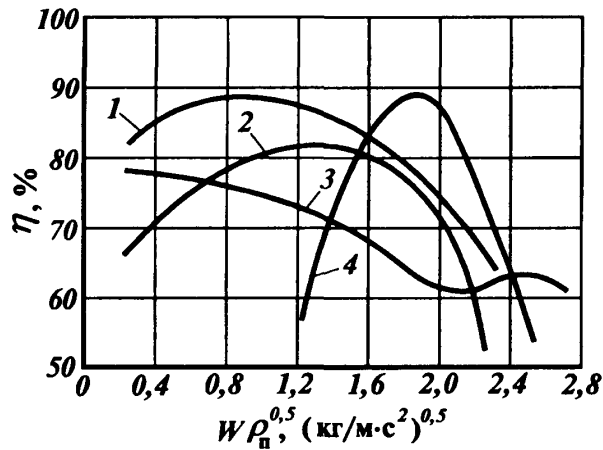


Рисунок 3.3 - Зависимость эффективности тарелок различных конструкций от F-фактора.

1 – клапанная тарелка с дисковыми клапанами; 2 – колпачковая тарелка; 3 – ситчатая тарелка; 4 – провальная решетчатая тарелка

Тогда число тарелок по секциям

$$N_{\text{Од}} = N_{\text{О}} / \eta_{\text{о}} = 16 / 0.7 = 22,8 = 23$$

$$N_{\text{Кд}} = N_{\text{К}} / \eta_{\text{к}} = 21 / 0.8 = 26,25 = 27$$

Общее число тарелок с учетом трех тарелок в верхней секции

$$N_{\text{д}} = N_{\text{Од}} + N_{\text{Кд}} = 23 + 27 + 3 = 53$$

3.11 Определение высотных размеров колонны.

Полная высота колонны вычисляется по формуле

$$H_{\text{к}} = H_{\text{оп}} + H_{\text{куб}} + H_1 + H_{\text{отг}} + H_{\text{пит}} + H_{\text{кон}} + H_2 + H_{\text{дн}}, \text{ м,}$$

где $H_{\text{оп}}$ – высота опорной части (мантии), принимаемая равной 2 ... 4 м; $H_{\text{куб}}$ – высота кубовой части, м; H_1 – высота от уровня жидкости в кубе до нижней тарелки, принимаемая равной 1 ... 1,5 м, но не менее $0,3 \cdot H_{\text{куб}}$; $H_{\text{отг}}$ – высота, занимаемая тарелками отгонной секции, м; $H_{\text{пит}}$ – высота секции питания, принимаемая равной 1 ... 1,5 м; $H_{\text{кон}}$ – высота, занимаемая тарелками концентрационной секции, м; H_2 – высота от верхней тарелки, до верхнего днища, принимаемая равной 1,5 ... 2 м; $H_{\text{дн}}$ – высота верхнего днища, м.

Высота кубовой части рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{куб}} = \frac{4(R + R_{\text{R}})M_{\text{R}} \tau_{\text{куб}}}{\pi \rho_{\text{ж}} D_{\text{к}}^2}$$

4 РАСЧЕТ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

4.1 Расчет теплообменника-испарителя для кубовой жидкости

Расчет теплообменника ведется по алгоритму, приведенному в [2, 4]. В задаче расчета входит определение требуемой поверхности теплообмена. При известных количествах переданного тепла Q , средней разности температур между теплообменивающими средами Δt_{cp} и коэффициенте теплопередачи K поверхность теплообмена определяется из уравнения

$$F = \frac{Q}{K\Delta t_{cp}}$$

Для тонкой стенки коэффициент теплопередачи определяется из уравнения

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

где α_1 и α_2 — коэффициенты теплоотдачи с каждой стороны стенки Вт/(м²·К); δ — толщина отдельных слоев стенки, м; λ — коэффициент теплопроводности слоев стенки, Вт/(м·К). Опуская процесс промежуточных вычислений, получим значение требуемой поверхности теплообмена

$$F = \frac{3,506 \times 10^7}{680 \times 30} = 477 \text{ м}^2$$

По справочным данным, приведенным в [4], выберем вертикальный одноходовый теплообменник со следующими параметрами: поверхность теплообмена $F = 494 \text{ м}^2$, наружный диаметр кожуха $D = 1200 \text{ мм}$, тип труб $d \times s = 25 \times 2 \text{ мм}$, число ходов по трубному пространству $n = 2$, общее число труб $N = 1048$, высота теплообменника $H = 6 \text{ м}$.

		N				34

Допускаемое напряжение при статических однократных нагрузках для рабочего состояния выбранного материала составляют

$$[\sigma] = \eta \sigma^*, [\sigma]_{20} = \eta \sigma_{20}^*$$

где η – поправочный коэффициент, учитывающий вид заготовки, для листового проката $\eta = 1,0$ [7, с. 10]. Подставляя числовые значения, получим

$$[\sigma] = 1,0 \cdot 201 = 201 \text{ МПа}, [\sigma]_{20} = 1,0 \cdot 218 = 218 \text{ МПа}.$$

Допускаемое напряжение при гидроиспытаниях

$$[\sigma]_{\text{и}} = \sigma_{\text{T}20} / 1,1 = 360 / 1,1 = 327 \text{ МПа}$$

5.2 Расчет обечайки

Схема к расчету обечайки приведена на рисунке 5.1. Исполнительную толщину стенки s цилиндрической обечайки определяют по формуле

$$s_p = \max \left(\frac{p_p D}{2\varphi[\sigma] - p_p}, \frac{p_{\text{и}} D}{2\varphi[\sigma]_{\text{и}} - p_{\text{и}}} \right),$$

$$s = s_p + c + c_0$$

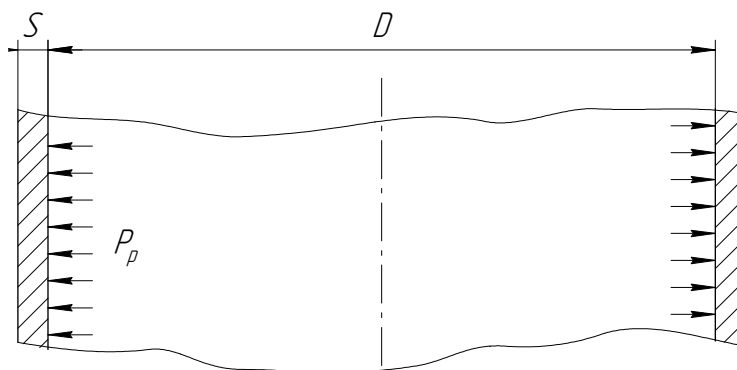


Рисунок 5.1 – К расчету обечайки колонны

где p_p – расчетное давление в аппарате, МПа;

$p_{\text{и}}$ – давление при гидроиспытаниях, МПа;

D – внутренний диаметр аппарата, $D = 1400$ мм;

φ – коэффициент прочности сварных швов стальных аппаратов, для ручной дуговой электросварки $\varphi = 0,95$ [8, т. 1.7];

s_p – расчетная толщина стенки цилиндрической обечайки, мм;

c – прибавка к расчетной толщине, мм;

6 МОНТАЖ КОЛОННЫ

6.1 Доставка оборудования на монтажную площадку

Прежде чем выбрать способ доставки оборудования необходимо знать вес оборудования, поэтому произведем расчет массы ректификационной колонны. Масса колонны в сборе G_0 , кг равна:

$$G_0 = m_k + m_m + m_{ф.к.} + m_{из} + m_{шт} + m_{л} + m_T$$

где m_k – масса корпуса, $m_k = 21247,8$ кг;

m_m – масса мантии, $m_m = 1350,3$ кг;

$m_{ф.к.}$ – масса фундаментного кольца, $m_{ф.к.} = 77,64$ кг;

$m_{из}$ – масса изоляции, $m_{из} = 3924,5$ кг;

$m_{шт}$ – масса штуцеров, $m_{шт} = 352,5$ кг;

$m_{л}$ – масса люков, $m_{л} = 72,9$ кг;

m_T – масса тарелок, $m_T = 7884$ кг.

$$G_0 = 21247,8 + 1350,3 + 77,64 + 3924,5 + 352,5 + 72,9 + 7884 = 33694,7 \text{ кг} = 34 \text{ т}$$

Крупногабаритное оборудование (аппараты) можно перевозить железнодорожным, водным, автотранспортом. Выбираем перевозку по железной дороге, она наиболее экономична, так как заводы-изготовители и строящиеся заводы связаны общей сетью железных дорог [9].

6.2 Способ монтажа ректификационной колонны

Монтажные мачты применяются при монтаже тяжеловесного крупногабаритного оборудования, масса и размеры которого выходят за пределы грузоподъемных характеристик других грузоподъемных устройств. Высота колонны составляет 24 м, масса колонны 34 т.

Монтажные мачты могут использоваться в разных вариантах: в вертикальном и наклонном положении; с оттяжкой и без оттяжки груза; с двумя полиспастами, расположенными симметрично, и с одним полиспастом, подвешенным на консоли. Решетчатые мачты изготавливают обычно высотой до 70 м. В каждом

		N				40

Усилие, действующее на канат, закрепляющий неподвижный блок полиспаста, P_6 кН:

$$P_6 = P_p + 10 \cdot G_{\Pi} + S_{\Pi} = 350 + 10 \cdot 1,27 + 43 = 405,6 \text{ кН},$$

По усилию P_6 рассчитываем канат для крепления неподвижного блока полиспаста по формуле и получаем: $R = 405,6 \cdot 5 = 2028,4$ кН и подбираем канат типа ЛК-РО конструкции $6 \times 36(1+7+7/7+14)+1$ о.с (ГОСТ 7668-80) со следующими параметрами:

временное сопротивление разрыву – 1764 МПа

разрывное усилие – 2085 кН;

диаметр каната – 63 мм;

масса 1000 м каната – 15200 кг.

По усилию S_{Π} подбираем тяговый механизм – лебедку тракторного типа.

Проведем расчет монтажного штуцера. Находим усилие от строповки, действующее на каждый моментный штуцер, $N_{шт}$ кН:

$$N_{шт} = 10 \cdot G_0 \cdot K_{\Pi} \cdot K_{д} \cdot K_{н}$$

где K_{Π} , $K_{д}$, $K_{н}$ – соответственно равны 1,1; 1,1; 1,2 (коэффициенты прочности, динамичности и надежности).

Тогда

$$N_{шт} = 10 \cdot 34 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 493,68 \text{ кН}$$

Определяем величину момента, $M_{шт}$, кН·см действующего на штуцер, принимая расстояние от линии действия усилия до стенки, $l = 12$ см:

$$M_{шт} = N_{шт} \cdot l = 493,68 \cdot 12 = 5924,16 \text{ кН·см}$$

Подсчитываем минимальный момент, $W_{мин}$, см^3 сопротивления поперечного сечения стального патрубка для штуцера:

$$W_{мин} = M_{шт} / (m \cdot 0,1 \cdot R) = 5924,16 / (0,85 \cdot 0,1 \cdot 210) = 331,89 \text{ см}^3$$

где m – коэффициент условия работы, $m = 0,85$;

R – расчетное сопротивление материала патрубка, $R = 210$ МПа.

$W^r = 342,0 \text{ см}^3$ с размерами 245/8 мм

$$342 \text{ см}^3 > 331,89 \text{ см}^3$$

		N				44

Проверяем якорь на отрыв от грунта при коэффициенте устойчивости $K_y = 1,4$:

$$10G+T > K_y \cdot N_2$$

Получаем $10 \cdot 7,5 + 12,196 > 1,4 \cdot 24,39$

$$87,196 \text{ кН} > 34,146 \text{ кН}$$

Полученное неравенство свидетельствует об устойчивости якоря на отрыв от грунта.

		N				46

