РОССИЙСКИЙ ХИМИКО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

Кафедра инженерного проектирования технологического оборудования

ХИМИЧЕСКИЙ АППАРАТ

С МЕХАНИЧЕСКИМ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

типа ВКЭ2103

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

205.381.00.00.000.ПЗ

Студент группы А – 24 Аааааааааа А.А. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Ф.И.О) (подпись)

Руководитель проекта доцент Ддддддддддд Д.Д. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(должность, Ф.И.О.) (подпись)

Оценка за курсовой проект \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

«\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2021г. (подпись руководителя)

Москва 2021 г.

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

[Техническое задание 3](#_Toc125736569)

[Введение 4](#_Toc125736570)

[1. Определение расчетных параметров химического аппарата 6](#_Toc125736571)

[1.1. Выбор конструкционных материалов 6](#_Toc125736572)

[1.2. Определение пробных давлений 6](#_Toc125736573)

[1.3. Определение геометрических размеров аппарата 6](#_Toc125736574)

[1.4. Расчет элементов корпуса аппарата 7](#_Toc125736575)

[1.4.1. Расчет толщины стенки корпуса 7](#_Toc125736576)

[1.4.2. Расчет толщины стенки рубашки 8](#_Toc125736577)

[1.5. Выбор фланцевого соединения 8](#_Toc125736578)

[1.6. Выбор привода 9](#_Toc125736579)

[2. Расчет перемешивающего устройства 11](#_Toc125736580)

[2.1. Выбор мешалки 11](#_Toc125736581)

[2.2. Расчет мешалки на прочность 13](#_Toc125736582)

[2.3. Расчет шпонки в ступице мешалки 14](#_Toc125736583)

[2.4. Расчет вала мешалки на виброустойчивость 14](#_Toc125736584)

[3. Выбор комплектующих элементов 16](#_Toc125736585)

[3.1. Выбор штуцеров 16](#_Toc125736586)

[3.2. Выбор люка 17](#_Toc125736587)

[3.3. Выбор опор 18](#_Toc125736588)

[3.4. Выбор сальникового уплотнения 19](#_Toc125736589)

[Библиографический список 20](#_Toc125736590)

# **Техническое задание**

|  |  |
| --- | --- |
| Номер варианта…………………………………………………….. | 381 |
| Шифр корпуса……………………………………………………… | ВКЭ-21 |
| Номинальный объем V, м3………………………………………… | 25,0 |
| Диаметр аппарата Da, мм………………………………………….. | 2600 |
| Шифр мешалки…………………………………………………….. | 03 |
| Диаметр мешалки *dм*, мм………………………………………….. | 630 |
| Тип привода………………………………………………………… | Тип 1 |
| Мотор-редуктор…………………………………………………….. | МП01-15 |
| Частота вращения *n*, об/мин……………………………………….. | 195 |
| Мощность привода *N*, кВт…………………………………………. | 18,5 |
| Давление в аппарате Pа, МПа……………………………………… | 0,6 |
| Остаточное давление в аппарате Pост, МПа………………………. | 0,02 |
| Давление в рубашке Pруб, МПа…………………………………….. | 0,4 |
| Среда в аппарате……………………………………………………. | H2O |
| Температура среды T, °C…………………………………………... | 100 |

# **Введение**

**Следует оформить в объеме 2 страниц.**

Назначение, конструкция, материал (% состав) аппарата.

Привод (из чего состоит, назначение муфты, уплотнения,...).

Назначение, конструкция мешалки, для перемешивания каких сред.

Требования к контролю и испытаниям, установке и эксплуатации.

На вкладке «Главная» щелкните стрелку раскрывающегося списка рядом с полем «***Шрифт***». Появится меню стилей шрифтов.

Выберите стиль шрифта – Times New Roman.

На вкладке «*Главная*» нажмите стрелку раскрывающегося списка рядом с полем «***Размер шрифта***». Появится меню размеров шрифтов.

Выберите размер шрифта - 14.

**Выравнивание текста**

По умолчанию Word выравнивает текст в новых документах по левому краю. Однако вам может быть необходимо *выровнять текст* по центру или по правому краю.

На вкладке «*Главная*» выберите один из четырех параметров выравнивания в группе «*Абзац*». Нужно выбрать «***Выровнять по ширине***».

На вкладке «Главная» в группе «*Абзац*» щелкните стрелку раскрывающегося списка. В появившемся окне Абзац во вкладке Отступы и интервалы нужно задать в разделе «***Интервал***»

Перед **0**

После **0**

Множитель **1,5**

И отметить («галочкой») **Не добавлять интервал между абзацами одного стиля.**

На вкладке «Макет» щелкните стрелку раскрывающегося списка рядом с полем «***Поля***». Появится меню форматов полей.

Выберите формат поля – **Настраиваемые поля…**.

В появившемся окне Параметры страницы во вкладке Поля нужно задать в разделе **«Поля»**

левое поле 3 см,

правое – 1,5 см,

верхнее – 2 см,

нижнее – 2 см.

# **1. Определение расчетных параметров химического аппарата**

# **1.1. Выбор конструкционных материалов**

Материал корпуса аппарата, рубашки, фланцев – сталь 10Х17Н13М2Т

Скорость коррозии:П= 0.1 мм/год

Срок службы аппарата:Та= 10 лет

Прибавка на компенсацию коррозии: Ск= ПТа= 0.110 = 1 мм

Допускаемое напряжение:[σ]t=100֯C = 139 МПа, [σ]t=20֯C= 146 МПа

Модуль упругости первого рода:Е= 2105 МПа

Материал болтов – сталь 35ХМ

Допускаемое напряжение болтов:[σ]б = 230 МПа

# **1.2. Определение пробных давлений**

Пробное давление для аппарата

Рпр= 1,25Ра = 1,250,6 = 0,8МПа (1.1)

Пробное давление для рубашки

Рпр= 1,5Рруб = 1,50,4 = 0,6 МПа (1.2)

# **1.3. Определение геометрических размеров аппарата**

Высота крышки аппарата:

Нкр= = = 650 мм (1.3)

Высота отбортовки крышки:

= 60 мм

Высота днища аппарата:

Ндн= = = 1300 мм (1.4)

Высота отбортовки днища:

= 100 мм.

Высота цилиндрической части аппарата:

Нц.ч. = , где (1.5)

Vкр= = = 2,300 м3

Vдн= = = 2,300 м3

Нц.ч.= = 3,844м= 3844 мм

Высота обечайки:

=3844 60 100 2(150 15+95) =3224 мм (1.6)

Принимаем = 3200 мм.

Высота цилиндрической части рубашки:

= 2800 мм.

Диаметр рубашки:

Dpуб= Da +200= 2600 + 200 = 2800 мм (1.7)

# 

# **1.4. Расчет элементов корпуса аппарата**

# **1.4.1. Расчет толщины стенки корпуса**

При воздействии внутреннего давления

Sц.ч.(1)= + 2⋅Cк + Со = + 2⋅1 + Со = 10,04+ Со =10 мм (1.8)

При воздействии наружного давления

Sц.ч.(2)= + 2⋅Cк + Со, где (1.9)

МПа

=2,4, E=2⋅МПа

= 2800+ 100 + 276= 3176 мм

Sц.ч.(2) мм

Вывод: Sц = (Sц.ч.(1);Sц.ч.(2)) =max(10;20) = 20 мм.

# **1.4.2. Расчет толщины стенки рубашки**

Spуб=+ Ск + Со = Со = 6,8 мм+=8 мм (1.10)

# **1.5. Выбор фланцевого соединения**

Фланцы выбирают по условному проходу Dy = Da = 2600 мм и условному давлению Ра = 0,6 МПа ≤ Py = 0,6 МПа.

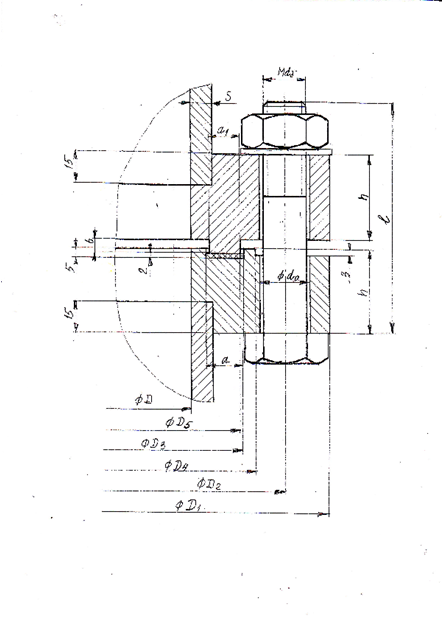


Рисунок 1.1 – Эскиз фланцевого соединения

Таблица 1.1

**Основные размеры фланцев и болтов для стальных аппаратов**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ,  мм | мм | мм | мм | ,  мм | ,  мм | ,  мм | мм | мм | , мм | , мм |  | ,  мм | ,  мм |  |
| 2600 | 2750 | 2705 | 2656 | 2670 | 2653 | 22 | 18 | 12 | 95 | 27 | 88 | М24 | 240 | 0.6 |

# **1.6. Выбор привода**

По техническому заданию:

привод тип 1,

мощность приводы N=18,5кВт,

частота вращения n=195 об/мин

мотор-редуктор МП01-15

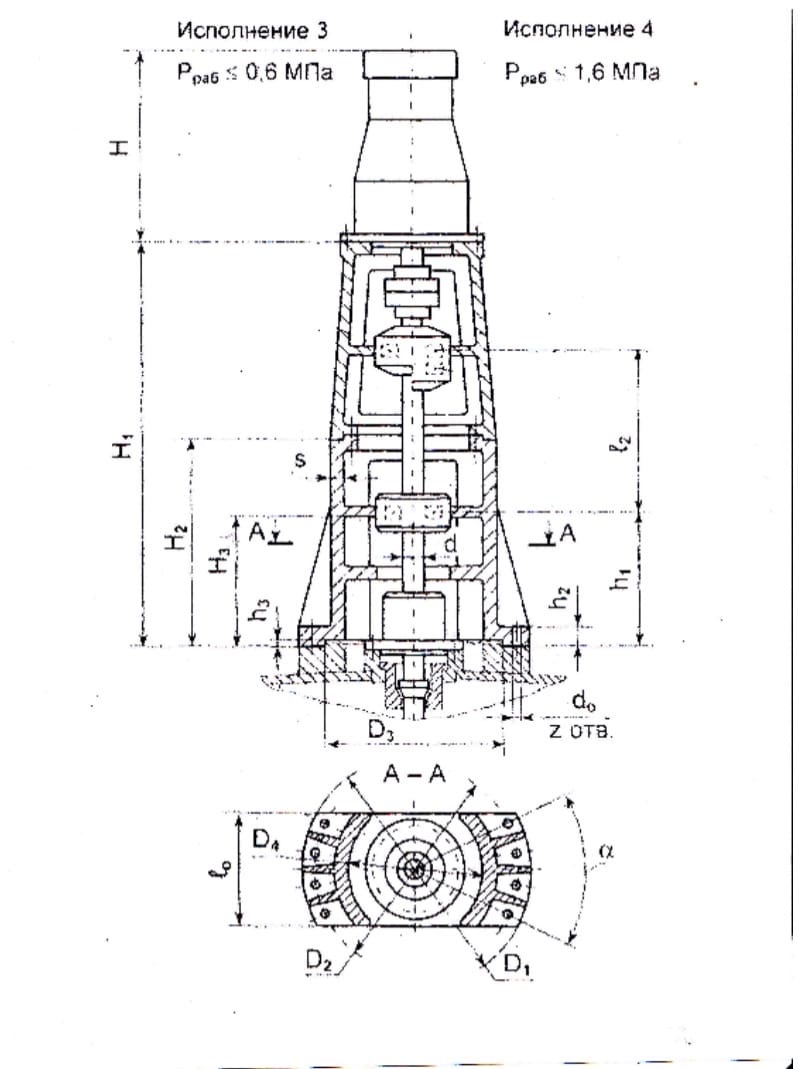
****

Рисунок 1.2 – Эскиз привода типа 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Габарит | | Мотор-  редуктор | Размеры, мм | | | | | | | | | |
| привод | стойка | d | dp | D1 | D2 | D3  (H9) | D4 | H1⋅ | H2 | H3 | *l*о |
|
|
| 2 | 03 | МП01-15 | 65 | 65 | 540 | 500 | 430 | 410 | 1380 | 720 | 475 | 350 |

Таблица 1.2

**Основные размеры стойки привода (Тип 1)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Размеры, мм | | | | | | z | α, град | Масса, кг, не более |
| Исполнение | | h2 | h3 | s | do |
| 3, 4 | |
| *l*2 | h1 |
| 450 | 500 | 30 | 10 | 16 | 23 | 8 | 72 | 800 |

Н= 640 мм(высота мотор редуктора).

# **2. Расчет перемешивающего устройства**

# **2.1. Выбор мешалки**

По техническому заданию: шифр мешалки 03.

Диаметр мешалки =630 мм.

Мешалка турбинная открытая.

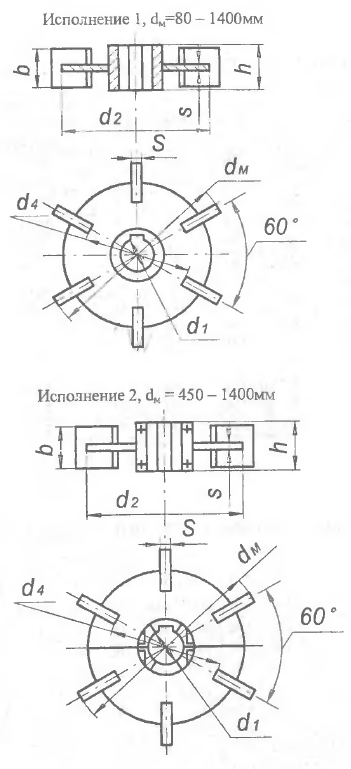


Рисунок 2.1– Эскиз турбинной открытой мешалки

Таблица 2.1

**Основные параметры турбинной мешалки**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| d,  мм | d1,  мм | h,  мм | b,  мм | s,  мм | Доп. крут. момент кН·м | Массаm, кг |
| 630 | 60 | 130 | 126 | 8 | 1,0 | 25,0 |

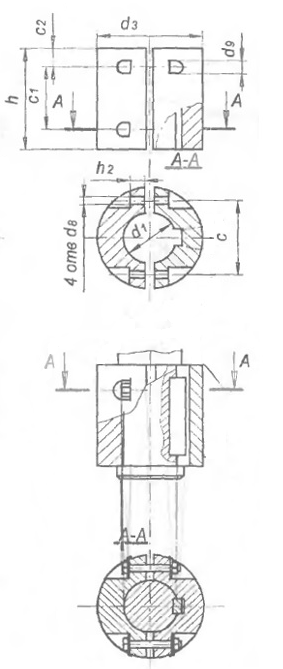


Рисунок 2.2– Эскиз разъемной ступицы

Таблица 2.2

**Основные параметры разъемной ступицы**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| d1, мм | h, мм | d3, мм | d5, мм | d6, мм | d7, мм | d8, мм | d9, мм | c, мм | c1, мм | h2, мм | s2, мм |
| 60 | 130 | 110 | 80 | М8 | 50 | 13 | 32 | 80 | 80 | 25 | 10 |

# **2.2. Расчет мешалки на прочность**

Расчётный крутящий момент с учетом пусковых нагрузок

1359,6 (2.1)

где Кд–коэффициент динамичности Кд =1,5;

номинальная мощность двигателя привода,

угловая скорость вала мешалки,

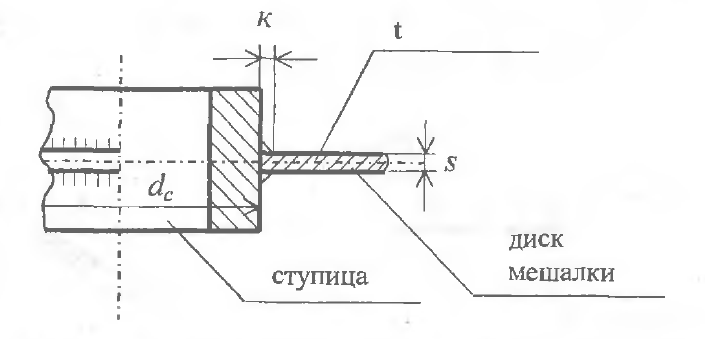
(2.2)

Рисунок 2.3 – Расчётная схема турбинной открытой мешалки

Условие прочности

83,4 МПа, (2.3)

где диаметр ступицы =110 мм,

суммарная площадь биссекторного сечения шва

=22597,4 мм2 (2.4)

где =0,85=6,8 мм – катет шва;

Cк = 1 мм – прибавка на компенсацию коррозии.

Условие прочности выполняется.

# **2.3. Расчет шпонки в ступице мешалки**

Условие прочности шпонки на смятие

===138170731 Па=138,2 МПа < [σ]см =

=150 МПа (2.5)

где l, b, t, h – размер шпонки (l=110 мм, b=18 мм, t=11 мм, h=7 мм).

Условие прочности шпонки на смятие выполняется.

# **2.4. Расчет вала мешалки на виброустойчивость**

Диаметр вала d = 65 мм.

Расчётная длина вала L:

L= l2 + h1+hопоры +Hкр + + 2·(150 – 15 +Hфл) + Hоб – 100 = 450 + 500 +50 +650 + 60 + 2·(150 – 15 + 105) +3200 –100 =5230 мм.



Приведенная масса:

==25+0,217137,5=54,8 кг, (2.6)

где – масса мешалки, – масса вала

= (2.7)

*–* плотность материала вала (сталь), коэффициент приведения распределенной массы вала к сосредоточенной массе мешалки, определяющийся по формуле:

= 0,217 (2.8)

где , – относительные длины

, =

Приведенная жесткость:

Кпр = ==4267,0 (2.9)

где L – расчётная длина вала, Е – модуль упругости первого рода, – осевой момент инерции поперечного сечения вала:

= = = 875796 мм4 = 0,87610−6. (2.10)

Критическая угловая скорость

= = 5,6 . (2.11)

Условие виброустойчивости

= = 3,64 > 1,35. (2.12)

Вывод: вал гибкий.

# **3. Выбор комплектующих элементов**

# **3.1. Выбор штуцеров**

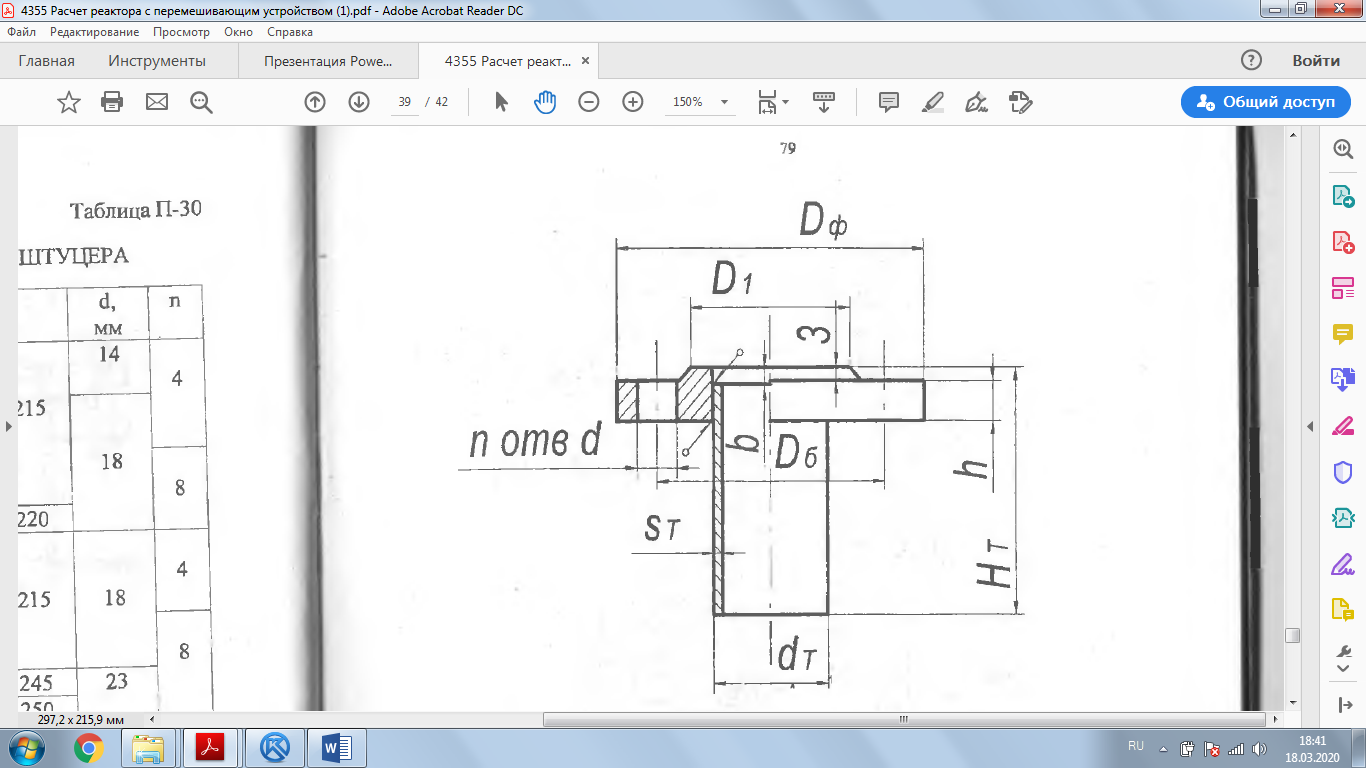


Рисунок 3.1 – Стальной фланцевый тонкостенный штуцер

Таблица 3.1

**Стандартные размеры выбранных штуцеров**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Py,  МПа | Dy,  мм | Dф,  мм | Dб,  мм | D1,  мм | dт,  мм | sт,  мм | h,  мм | Hт,  мм | d,  мм | n |
| 0,6 | 50 | 160 | 125 | 102 | 59 | 3 | 15 | 215 | 18 | 4 |
| 80 | 195 | 160 | 138 | 91 | 4 | 17 | 215 | 18 | 4 |
| 100 | 215 | 180 | 158 | 110 | 5 | 19 | 215 | 18 | 8 |
| 150 | 260 | 225 | 202 | 161 | 6 | 17 | 215 | 18 | 8 |

# **3.2. Выбор люка**

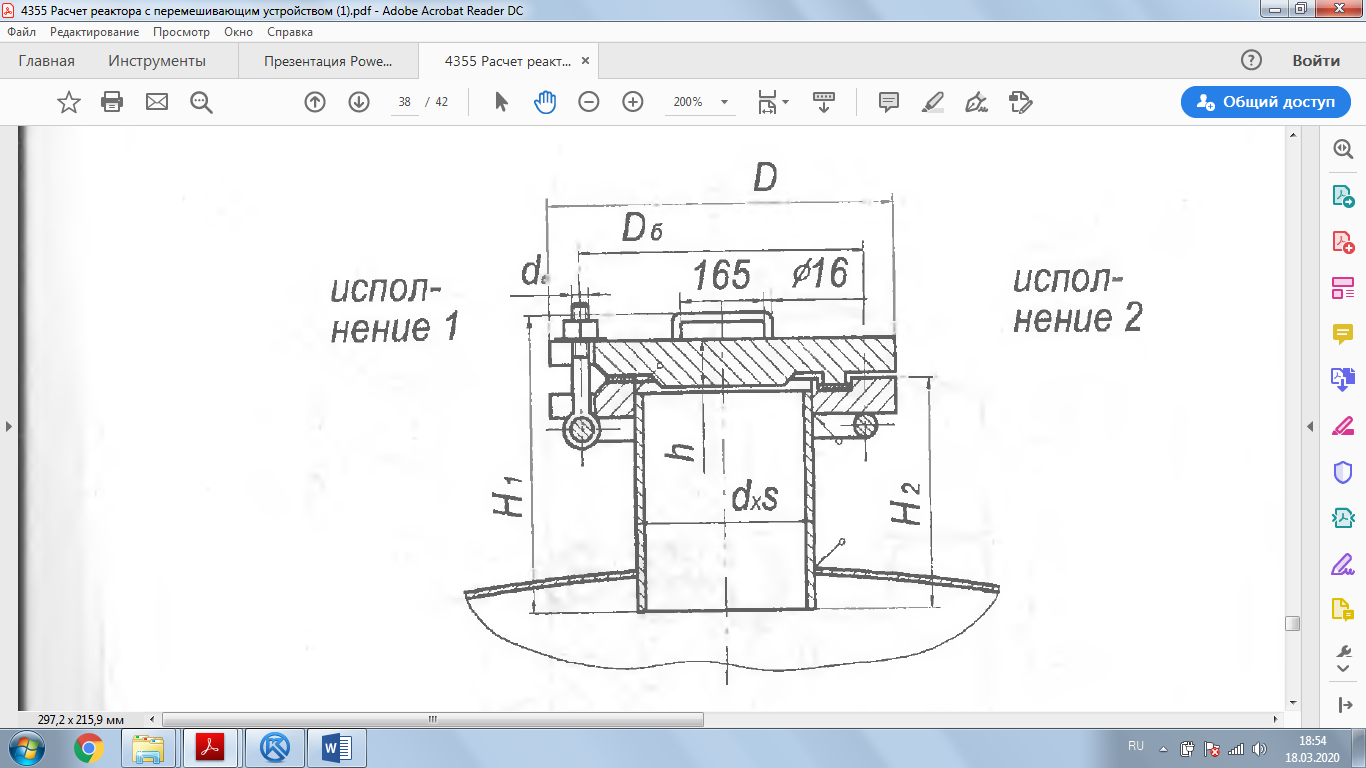


Рисунок 3.2 – Эскиз люка

Таблица 3.2

**Основные размеры стального загрузочного люка**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Py, МПа | Dy | dH×s | D | Dб | H1 | | | H2 | h | | dб | Число болтов z |
| 1 | | 2 | 1 | 2 |
| мм | | | | | | | | | | |
| 0,6 | 100 | 108 х 4 | 205 | 170 | 296 | 298 | | 210 | 16 | 22 | М16 | 8 |

# **3.3. Выбор опор**

Вес аппарата

𝐺≃1,5𝜌𝐻2𝑂𝑉𝑔 =1,59,8125=367,9 кН (3.1)

Нагрузка на одну опору

𝑄===92 кН (3.2)

где n – число опор, n = 4.

Условие выбора опоры 𝑄 = 92 кН < [𝑄] = 100 кН.

****

Рисунок 3.3 – Лапа вертикального аппарата

Таблица 3.3

**Опоры для вертикальных аппаратов**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| [Q],  кН | Тип опоры | a,  мм | a1, мм | b, мм | c,  мм | c1, мм | h,  мм | h1, мм | S1, мм | K, мм | K1, мм | d, мм | dб | [Q] |
| 100,0 | 1 | 250 | 310 | 310 | 65 | 160 | 475 | 30 | 16 | 40 | 95 | 42 | М36 | 100,0 |

# **3.4. Выбор сальникового уплотнения**

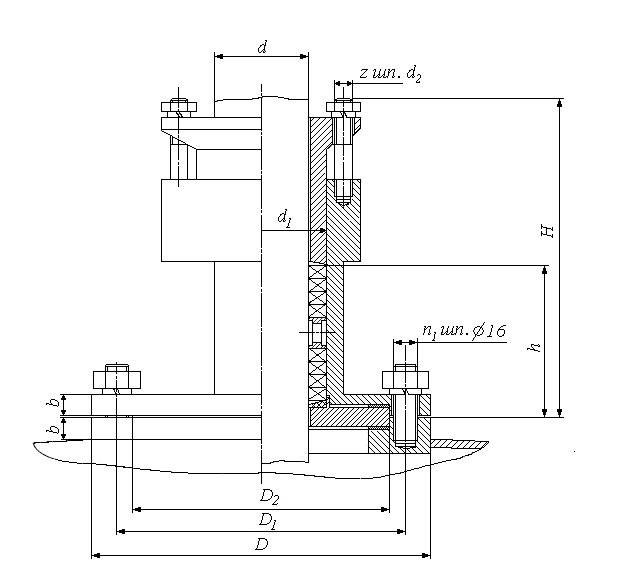
Рисунок 3.4 – Эскиз сальникового уплотнения

Таблица 3.4

**Основные размеры сальникового уплотнения**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| d, мм | D, мм | D1, мм | D2, мм | d1, мм | d2, мм | n1 | z | H, мм | h, мм | b, мм | Масса, кг |
| 65 | 235 | 200 | 178 | 90 | М12 | 8 | 2 | 220 | 105 | 15 | 14 |

# **Библиографический список**

1. Поляков А.А. Механика химических производств. М.: Альянс, 2005. -392 с.

2. Методические указания №4355. Расчет химического аппарата с механическим перемешивающим устройством. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2005.- 87 c.

3. Методические указания №5083. Методические указания по оформлению конструкторской документации курсового проекта по прикладной механике. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016.-32 с.

4. Аристов В.М., Аристова Е.П. Инженерная графика, М.: Альянс, 2006. -256 с.

5. Д.В. Зиновьев. Основы проектирования в КОМПАС-3Dv17 – ДМК –Пресс, 2019 -232 с.