## Министерство образования и науки Российской Федерации

### НОУ ВПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ «ВТУ»

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНИКА ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»**

**Вариант 6**

# Студента группы: БПЗО-ПО-305 Направление: «Защита окружающей среды»

#### Власова Наталья Евгеньевна

Преподаватель:

Федорченко Владимир Иванович

Оренбург, 2009

**Содержание**

1. Очистка отходящих газов.
   1. Пылевые камеры.
      1. Теоретическая часть.
      2. Расчет пылевой камеры.

**2.1.** Циклоны.

**1.2.1.** Теоретическая часть.

**1.2.2.** Расчет циклона.

**3.1.** Полые скрубберы.

**1.3.1.** Теоретическая часть.

**1.3.2.** Расчет полого скруббера.

**2.** Очистка сточных вод.

**2.1.** Расчет ионитного фильтра.

**2.1.1.** Теоретическая часть.

**2.1.2.** Расчет ионитного фильтра.

**3.** Список литературы.

###### 1. Очистка отходящих газов

**1.1. Пылевые камеры**

**1.1.1. Теоретическая часть**

Пылевые камеры представляют собой конструкции прямоугольного сечения, выполненные из металла или бетона (кирпич). Схема пылевой камеры представлена на рисунке 1.1.

Запыленный газ Очищенный газ

Осажденная пыль

Рисунок 1 Схема пылевой камеры (вид сбоку)

При входе в пылевую камеру скорость пылегазового потока резко уменьшается за счет увеличения площади поперечного сечения в пылевой камере. Скорость газа составляет 1-2 м/с, при этом частицы пыли в условиях ламинарного движения под действием силы тяжести движутся вниз и выпадают на дно камеры. Диаметр осаждаемых частиц зависит от конструктивных параметров пылевой камеры. Главным условием эффективной работы пылевой камеры является то, что время осаждения частиц должно быть меньшим времени проскока частиц через длину пылевой камеры вместе с газовым потоком. В самых неблагоприятных условиях находятся частицы, которые попадают в верхнюю часть пылевой камеры, т.е. высота осаждения пыли максимальная.

Рассмотрим связь между параметрами частиц и пылевой камеры, которые обеспечивают ее эффективную работу.

Осаждение частицы под действием силы тяжести и с учетом сопротивления среды определяется формулой Стокса

 (1.1)

где *vвит* – скорость осаждения частицы; *d* – диаметр частицы пыли; *g* – ускорение свободного падения; - плотность вещества пылевой частицы; - динамическая вязкость газа.

С учетом высоты пылевой камеры время осаждения равно

 (1.2)

где *a* – высота камеры.

Время прохождения частицей пылевой камеры (*tпр*) по длине (*L*) определяется формулой

 (1.3)

 (1.4)

где *vпр* – скорость движения газа в пылевой камере; *V* - ; *S* – площадь поперечного сечения;

Подставим (1.4) в (1.3), получим

 (1.5)

Условием осаждения частицы, поступающей в верхнюю часть пылевой камеры, является равенство выражений (2) и (5)

 (1.6)

где *L\*b=Sосн* – площадь основания камеры.

*V=Sосн\*vвит* (1.7)

Подставим выражение (1.1) в (1.7)

 (1.8)

 (1.9)

Из формулы (1.9) следует, что эффективность пылевой камеры тем больше, чем меньше расход газа, больше плотность вещества и частицы и больше площадь основания камеры.

Частицы, которые попали не в верхнюю часть пылевой камеры, а в средние и нижние слои осаждаются быстрее или, можно сказать, что из средних и нижних слоев пылегазовых потоков успевают опасть частицы меньших размеров. Размер таких частиц определяется по формуле

 (1.10)

где *h* – высота от основания пылевой камеры до частицы в момент входа ее в камеру.

Пылевые камеры имеют размеры длиной *L* = 25-40 м, *a=*8-12 м, *b*= 10-20 м. Из-за больших размеров пылевые камеры используют также для охлаждения пылегазовых потоков.

Эффективность пылевой камеры по улавливанию частиц размером 20-50 мкм, составляет 35-40%.

**1.2.1. Расчет пылевой камеры**

Исходные данные для расчета:

1. Скорость запыленного газа по сечению камеры – 1,0 м/с.
2. Наименьший диаметр частицы осаждаемой пыли – 55\*10-6 м.
3. Вязкость газа – 18,2\*10-6 Н\*с/м.
4. расход газа – 21 000 м3/ч.
5. Плотность вещества пыли – 2600 кг/м3.

При выполнении данного расчета требуется определить размер пылевой камеры для осаждения частиц требуемого размера. При этом принимается, что давление газа в камере составляет 20 оС и давление газа близко к атмосферному.

Вначале определяем скорость витания частиц wвит. Для этого используется формула:

wвит = (d2\*ρ\*g)/(18μ)=[(55\*10-6)2\*2600\* 9,8]/(18\*18,2\*10-6)=0,235 м/с

где d – наименьший диаметр улавливаемых частиц, м; ρ – плотность пыли, кг/м3; g – ускорение свободного падения, g = 9,8 м/с2; μ – динамическая вязкость газов, Н\*с/м2.

По формуле:

Sосн = V/wвит = 21000/(3600\*0,235)= 24,82 м2

# где V-объем газа, проходящего через камеру, м3/с, определяется площадь основания пылевой камеры.

По известной горизонтальной скорости газа в камере wг определяют площадь вертикального сечения пылевой камеры:

Sв =V/wг = 21000/(3600\*1)=5,83 м2

Ширина и высота пылевой камеры обычно выбираются близкими по значению. В случае квадратного сечения а = b и

а = b = (Sв)0,5= (5,83)0,5= 2,42 м2

И, наконец, определяют длину пылевой камеры L, пользуясь уравнением:

L = Sосн/b= 24,82/2,42= 10,26 м

**1.2 Циклоны**

**1.2.1 Теоретическая часть**

Циклоны в настоящее время являются наиболее распространенными устройствами для очистки газа от пыли. Для частиц размером a > 5 мкм, эффективность очистки составляет 95%.

Конструктивно циклон (рисунок 1.2) представляет собой цилиндрический корпус радиусом 0,5…1,0 м, в верхней части которого тангенциально (по касательной) вставлена входная труба прямоугольного сечения. Запыленный газ подается через входную трубу со скоростью примерно 25 м/с и, закручиваясь, движется по спирали в нижнюю часть цилиндрического корпуса. Тяжелые (по сравнению с молекулами газа) частицы пыли, под действием центробежных сил, отбрасываются на стенки цилиндрического корпуса и ссыпаются вниз, в пылесборник. Очищенный газ выходит через выходную трубу, которая расположена по оси цилиндрического корпуса.

Рассмотрим принцип работы циклона. На частицы, движущиеся в газовом потоке, действуют две силы:

- центробежная, которая отбрасывает частицы к стенке цилиндрического корпуса

 (1.16)

- сила сопротивления среды

, (1.17)

где *d* – диаметр частицы; -динамическая вязкость газа;  - радиальная скорость движения частицы. Вектор этой скорости совпадает с вектором центробежной силы, т.е. направлен радиально от оси циклона.

Очищенный газ

Запыленный газ

Удаление пыли

Рисунок 1.2 Схема циклона

В момент входа частицы в циклон =0. По мере закручивания газового потока по спирали частица пыли, под действием центробежной силы, начинает отбрасываться к стенке циклона с радиальной скоростью - . При дальнейшем движении газового потока  становится постоянной, т.к. центробежная сила уравновешивается силой сопротивления среды.

 (1.18)

 (1.19)

Подставим (1.19) в (1.18) и получим

 (1.20)

При теоретических расчетах параметров циклона допускается много упрощений, поэтому расчетная эффективность очень часто отличается от практической. В частности форма пылевых частиц принимается шарообразной, не учитывается взаимная коагуляция частиц в газовом потоке и другие факторы. Частица пыли, двигаясь со скоростью , проходит путь, максимальная величина которого равна R2-R1 (R2-радиус цилиндрического внешнего корпуса, R1 – радиус выходной трубы), время прохождения этого пути равно

 (1.21)

Из формулы (1.20)

 (1.22)

Подставим (1.22) в (1.21) и получим, что время движения частицы равно

 (1.23)

Т.к. , то

 (1.24)

По формуле (1.24) можно рассчитать минимальный диаметр частицы, которая за время движения газового потока в циклоне будет отброшена на его стенку и выделена из газового потока.

 (1.25)

Путь проходимый частицей или газовым потоком в циклоне можно определить следующим выражением

 (1.26)

Подставляем выражение (11) в (10), окончательно имеем

 (1.27)

В некоторых случаях используется уточненная формула, т.к. *R* принимается как , тогда выражение (1.27) преобразуется в виде

 (1.28)

**1.2.2. Расчет циклона**

Исходные данные для расчета:

1. Скорость газа на входе – 20 м/с.
2. Динамическая вязкость газа – 18,\*10-6 Н\*с/м2.
3. Расход газа – 5700 м3/ч.
4. Диаметр частиц пыли-11\*10-6 м.
5. Плотность пыли – 2200 кг/м3.
6. Число оборотов потоков газа – 4.

При расчете циклона определяются его геометрические размеры, при которых происходит улавливание пыли размером более 5 мкм.

##### Вначале определяем размеры входного патрубка и выходной трубы циклона исходя из того, что скорость газового потока на входе в циклон, т.е. скорость во входном патрубке должна находиться в пределах 20…25 м/с.

##### Тогда площадь сечения входного патрубка и выходной трубы определяются по формуле:

S = V/ w=5700/(3600\*20)= 0,079 м2

где V – расход газа через циклон, м3/с; S – площадь сечения входного патрубка и выходной трубы, м2; w – скорость газа на входе в циклон, м/с.

Входной патрубок в сечение представляет собой прямоугольник (квадрат) со стороной а, величина которой равна:

a = S0,5= (0,079)0,5= 0,281 м2

Выходная труба имеет радиус, равный:

R1 = (S/π)0,5 =(0,079/3,14)0,5= 0,158 м

После вычисления радиуса выходной трубы можно расcчитать радиус корпуса R2, задавшись размерами улавливаемых частиц пыли dmin.

##### Из выражения (1.27) следует, что размер корпуса вычисляется по формуле:

##### R2 = d2\*π\*ρ\*n\*w/(9\*μ) + R1 =

##### =(11\*10-6)2\*3,14\*2200\*4\*20/(9\*18,2\*10-6)+0,158= 0,556 м

где μ – вязкость газа, 18,2\*10-6 Н\*с/м2; R2- радиус корпуса циклона, м; R1- радиус выходной трубы, м; ρ – плотность пыли, кг/м3; n – число кругов (оборотов), которое совершает газовый поток в циклоне; w – скорость газа на входе в циклон, м/с.

Длина циклона выбирается из расчета:

L = 5\*D = 10\*R2 = 10\*0,556=5,56 м

**1.3 Полые скрубберы**

**1.3.1 Теоретическая часть**

Скрубберы представляют собой конструкции, в которых улавливание частиц пыли осуществляется при контакте запыленного газового потока с каплями промывной жидкости. Для получения капель жидкости используют различные форсунки. Так как капли под действием силы тяжести движутся вниз, то разбрызгивающие форсунки располагаются в верхней части скруббера. Запыленный газ либо подается в нижнюю часть скруббера и движется вверх (принцип противотока) или подается в верхнюю часть скруббера и движется вниз (принцип параллельного тока). Частицы пыли сталкиваются с каплями жидкости, смачиваются ими и удаляются из газового потока. Промывная жидкость с уловленными частицами пыли (пульпа) удаляется из нижней части скруббера.

Скрубберы делятся на следующие группы:

1. Полые скрубберы;
2. Скрубберы с насадкой;
3. Скоростные скрубберы.

Полые скрубберы – это вертикальные башни, в которых жидкость подается в верхнюю часть. Система распределенных решеток и форсунок для орошения жидкостью, создает максимальный контакт между газовым потоком и каплями жидкости. Жидкость, используемая в полых скрубберах, называется орошающей, поглотительной или промывной.

Если жидкость расходуется только на охлаждение газового потока, то ее расход составляет около 0,5 м3/10000 м3 газа.

Если в полых скрубберах происходит не только охлаждение, но и пылеулавливание, то расход жидкости увеличивается до 2…5м3/10000м3 газа. Размеры скруббера выбираются из условия скорости движения газа внутри аппарата *vг* = 1,0-1,5 м/с.

Высота выбирается в пределах 3-5 диаметров скрубберов (*H/D*=3-5)

Диспергирование жидкости в скрубберах осуществляется с помощью различных форсунок, которые имеют отверстия 1-2 мм. Чем больше получается капель, тем больше работает скруббер. Данные скрубберы эффективно улавливают частицы с размерами более 2 мкм.

Схема скруббера для мокрой очистки газа приведена на рисунке 1.3

Недостатком полых скрубберов является относительно малое время контакта газового потока и жидкости, а также трудность обеспечения равномерного контакта между газом и жидкостью по всему сечению аппарата.

Cкруббер с насадкой конструктивно отличается от полого скруббера наличием в средней части корпуса специальных решеток с насадками. Насадки представляют собой наборы различных сеток и решеток, а также слои, образованные специальными керамическими кольцами, шарами и т.д. Капли разбрызгиваемой жидкости попадают на насадки и растекаются по их поверхности, образуя слой жидкости с большой площадью поверхности. Газ, проходя между элементами насадки, контактирует с поверхностью слоя жидкости и при этом происходит смачивание частиц пыли. Наличие насадок увеличивает как площадь контакта пыли с жидкостью, так и время контакта, поэтому эффективность скрубберов с

Запыленный газ

раствор

Форсунки

насадки (для скруббера с насадкой)

очищенный газ.

Ж

Рисунок 1.3 Схема полого скруббера и

скруббера с насадкой

насадкой более высокая, чем у полых скрубберов. Однако скрубберы с насадкой имеют значительные недостатки по сравнению с полыми скрубберами: большее гидродинамическое сопротивление и необходимость периодической чистки или замены насадок вследствие забивания их пылью (пульпой).

**1.3.2. Расчет полого скруббера**

Исходные данные для расчета:

1. Расход отходящих газов – 16000м3/час.
2. Скорость газа по сечению аппарата – 1,9 м/с.
3. Расход поглощающей жидкости – 1,4 м3/10000 м3 газа.
4. Концентрация пыли в отходящих газах – 3,78 г/м3.
5. Соотношение высота:диаметр скруберра – 5:1.
6. Степень очистки газа от пыли – 0,76.

При расчете полого скруббера необходимо рассчитать его геометрические размеры, расход поглотительной жидкости, массу уловленной пыли.

При заданном расходе газа можно рассчитать площадь сечения скруббера по известному уравнению:

S = Qг/v = 16000/(3600\*1,9)= 2,339 м2

где S – площадь сечения скруббера, м2; Qг – расход газа, м3/с; v – скорость сечения аппарата, м2.

Так как скруббер представляет собой цилиндрическую конструкцию, то ее диаметр равен:

D = (4S/π)0,5= (4\*2,339/3,14)0,5=1,726 м

Высота скруббера определяется по соотношению:

H = kD = 5\*1,726= 8,63 м

где k = 3…5.

Расход поглотительной жидкости необходимо производить, исходя из ее расхода на 10000 м3 газа. Для вывода расчетной формулы необходимо воспользоваться пропорцией

На 10000 м3 газа расходуется объем жидкости q

На Qг расходуется Qж.

##### Откуда:

Qж = Qг\*q/1000 =16000\*1,4/(3600\*10000)= 0,000622 м3/с

где Qж – расход поглотительной жидкости, м3/с.

При поглощении пыли жидкостью образуется пульпа, то есть раствор, содержащий твердую фазу (суспензия). Отработанный раствор очищается фильтрованием, из него удаляется твердая фаза и он используется повторно.

Масса уловленной пыли m рассчитывается по формуле:

m = C\*Qг\*η = 3,78\*16000\*0,76/3600= 12,77 г/с

где C = концентрация пыли в исходном газе, г/м3; η – эффективность улавливания пыли скруббером.

Тогда концентрация твердой фазы в пульпе будет равна:

А = m/Qж =12,77/0,000622= 20530,5 г/м3

Концентрация пыли на выходе из скруберра рассчитывается из формулы:

η=(Сн-Ск)/Сн

где η- эффективность очистки; Сн – концентрация пыли в отходящих газах на входе в скруббер; Ск – концентрация пыли на выходе из скруббера.

Отсюда:

Ск= Сн-Сн η = Сн(1- η) = 3,78(1-0,76) = 0,9072 г/м3

**2. Очистка сточных вод**

**2.1. Расчет ионитного фильтра**

**2.1.1. Теоретическая часть**

Ионитная или ионообменная очистка воды является наиболее распространенным методом очистки природных и сточных вод от загрязняющих ионов. В ионитных фильтрах используются иониты, которые представляют собой не подвижную форму на поверхности, которой адсорбированы ионы способные к обмену. Не подвижная фаза представляет собой гранулы диаметром 1 – 5 мм из активного угля или специальных полимеров, которые называются ионообменные смолы.

Так как на поверхности ионитов происходит реакция обмена ионов то необходимо рассмотреть влияние различных факторов на адсорбционную способность ионов. Это способность характеризуется леотропными рядами.

Адсорбционная способность иона увеличивается при увеличении радиуса и заряда иона. Ион, обладающий большей адсорбционной способностью, вытесняет с поверхности ионита, ион с меньшей адсорбционной способностью. Поэтому леотропный ряд представляет собой, ряд ионов расположенных в порядке повышения их адсорбционной способности.

H+ < Li+ < Na+ < K+ < Pb+ (R)

Be2+ < Mg2+ < Ca2+ < Ba2+ < Sr2+ (R)

Na+ < Mg2+ < Al3+ (заряд)

F < Cl < Br < I

Если в ряду увеличивается и радиус, и заряд то адсорбционная способность увеличивается более резко

Li+ << Mg2+ << Ga3+  (R, заряд)

Исходя из этого положения иониты, подготовленные к процессу очистки воды, содержат на своей поверхности ионы с минимальным радиусом или зарядом, обычно это ионы H+, Na+, Cl. В зависимости от вида адсорбционных ионов иониты подразделяются на катионы, которые содержат на поверхности положительные ионы и аниониты, которые содержат отрицательные ионы.

В настоящее время предложены комплексные иониты, которые содержат на своей поверхности ионы обоих знаков. Процесс обмена адсорбированных ионитом ионов и загрязняющихся ионитов, содержащихся в воде можно представить следующей схемой (для катионита)

- Na+

R n – ионов + Men+  R Men+ + n Na+

- Na

очистка

R – (Na)n + Men+  R – Me + n Na+

регенерация

где R – неподвижная фаза (ионит)

Реакция является обратимой, поэтому ион металла может вытесняться ионом натрия, водорода, если концентрация этих ионов в растворе будет достаточно велика. Поэтому прямая реакция используется для очистки сточных вод от загрязняющих компонентов, а обратная реакция используется для восстановления (регенерации) ионита.

Иониты используются для очистки сточных вод (природных) содержащих не высокие концентрации загрязняющих ионов. Поэтому ионитные фильтры используются для доочистки сточных вод после их предварительной очистки (например, осаждение) или глубокой очистки природных вод (например, от солей жесткости).

Промышленный выпуск большого ассортимента ионитных фильтров (ФИП) которые представляют собой закрытый цилиндр, состоящий из дренажной системы, фильтровального слоя и загрузочных люков.

ФИП – 1,4 – 0,6

диаметр, м допустимое давление воды, мПа

Высота или длина фильтра составляет примерно 3 – 5 диаметров, при эксплуатации фильтров они обычно устанавливаются вертикально, а их производительность определяется исходя из условия скорости движения воды по сечению фильтра в пределах W = 0,1 м/мин.

СВ

распределитель

загрузочный люк

слой ионита 2 – 3 м

дренажная система

очищенные волы

При эксплуатации фильтров качество очищаемой воды периодически контролируется путем химических анализов, по мере заполнения ионитов загрязняющими ионами наступает момент полного насыщения или обмена в этом случае фильтр отключают от системы очистки и подвергают регенерации. Для регенерации используют либо 8% раствор NaCl, либо 6 – 8% HCl, регенерационный раствор подают снизу вверх в количестве обеспечивающим скорость раствора через слой ионита в пределах 4 – 5 м/мин, при этом обеспечивается удаление адсорбированных ионов с поверхности ионитов, заполняется ионами Na+ или H+ (для катионитов) и ионами Cl для анионитов. Одновременно с регенерацией ионита из слоя ионита вымывается взвешенные вещества, и зерна раздробленного ионита компенсируется дополнительной загрузкой ионита через загрузочные люки.

Отработанный регенерационный раствор, содержащий загрязняющие ионы в концентрированном виде поступает на утилизацию (либо захоронение) либо химическую переработку, т.к. этот раствор представляет собой уже химическое сырье.

**2.1.2 Расчет ионитного фильтра**

При расчете ионитного фильтра задаются объемом ионита, его обменной емкостью и площадью сечения фильтра. Рассчитываются объем очищенной воды, время работы фильтра до его регенерации, расход очищаемой воды через фильтр (производительность фильтра), изменение в составе очищаемой воды.

Исходные данные для расчета:

1. Скорость движения сточных вод через фильтр – 0,1 м/мин.
2. Объем регенерационного раствора – 2\*Vи.
3. Концентрация реагента в регенерационном растворе – 8%.
4. Объем промывочной воды после регенерации ионита – 3\*Vи.
5. Толщина слоя ионита – 2,4 м
6. Обменная емкость ионита – 500 ммоль/кг.
7. Диаметр фильтра – 1,4 м.
8. Насыпная плотность ионита – 600 кг/м3.
9. Извлекаемый ион – Mn2+.
10. Концентрация иона в сточных водах - 0,021 моль/л.
11. Регенерационный раствор – Na2CO3.

Скорость фильтрования воды через ионитный фильтр выбирается 1,0…1,5 м/мин. Тогда производительность ионитного фильтра определяется по формуле:

Q = W\*S = 0,25\*π\*D2\*W = 0,25\*3,14\*(1,4)2\*0,1= 0,15386 м3/мин

где Q – производительность ионитного фильтра, м3/мин; W – скорость прохождения сточных вод через ионитный фильтр, м/мин; S –площадь сечения фильтра, м2; D – диаметр ионитного фильтра, м.

Объем очищенных сточных вод за один рабочий цикл (до регенерации) определяется по формуле:

Vсв = q\*Vи\*d/(106\*C) = q\*h\*S\*d/(106\*C) =

= 500\*2,4\*0,25\*3,14\*(1,4)2\*600/(106\*0,021) = 52,752 м3

где Vсв –объем очищенных сточных вод за один рабочий цикл, м3; q –адсорбционная (обменная) емкость ионита, ммоль/кг; Vи – объем ионита, м3; d – насыпная плотность ионита, кг/м3; C – эквивалентная концентрация ионов в сточных водах, моль/л; h – толщина (высота) слоя ионита,м.

Время работы ионитного фильтра между регенерациями (время рабочего цикла) определяется по формуле:

tраб = Vст/(60\*Q) = 52,752/(60\*0,15386) = 6,26 ч

где tраб – продолжительность рабочего цикла, час.

При этом масса извлеченных из сточных вод загрязняющих ионов равна:

m = M\*Vсв\*d\*q/(106\*n) = 55\*57,752\*1,4\*500/ (106\*2) = 1,11 кг

где m – масса извлеченных ионов, кг; M – молярная масса иона, г/моль;

n – заряд иона.

По окончании рабочего цикла необходимо производить регенерацию ионита. Объем регенерационного раствора составляет 2…3 объема ионита. При регенерации происходит замена извлеченных из сточных вод ионов на ионы регенерационного раствора, а извлеченные из сточных вод ионы с поверхности ионита переходят в регенерационный раствор.

Расход чистого химического реагента, пошедшего на одну регенерацию определяется по формуле:

mR = 1000\*VR\*A\*ρ/100% = 2\*0.25\* π\*D2\*h\*A\* ρ/100% =

= 2\*0,25\*3,14\*1,42\*2,4\*8\*1080/100 = 638,08 кг

где mR –масса реагента, кг; VR – объем регенерационного раствора, м3; A – процентная концентрация реагента в регенерационном растворе; ρ –плотность регенерационного раствора, кг/м3.

После проведения регенерации ионитный слой промывается от регенерационного раствора. Для этого через фильтр сверху вниз подается чистая (промывочная вода) вода в количестве 3…4 объема ионита. При этом регенерационный раствор, содержащий извлеченные ионы поступает на дальнейшую переработку; из него могут быть извлечены загрязняющие ионы, которые в этом случае представляют уже ценное химическое сырье.

Объем регенерационного раствора определяется по формуле:

Vрег = 2\*Vи = 2\*0,25\*π\*D2\*h = 2\*0,25\*3,14\*(1,42)\*2,4 = 7,385 м3

Объем промывочной воды после регенерации ионита составляет:

Vпр = 3\*Vи = 3\*0,25\*π\*D2\*h = 3\*0,25\*3,14\*(1,42)\*2,4 = 11,078 м3

При этом остатки регенерационного раствора и промывочный раствор содержат извлеченные ионы. Поэтому целесообразна дальнейшая переработка этих растворов, так как из них могут быть извлечены загрязняющие ионы, которые в этом случае представляют уже ценное химическое сырье.

**3. Список литературы**

1 Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности. Калуга: изд-во Н. Бочкаревой, 2000. – 800 с.

2 Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. М.: Химия, 1989. - 512 с.