

Федеральное агентство по образованию

Томский государственный
архитектурно-строительный университет

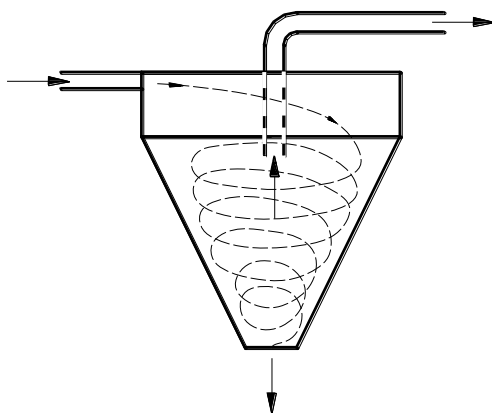
*Знания, не проверенные
опытом, бесплодны
Леонардо да Винчи*



ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ НАПОРНОГО ГИДРОЦИКЛОНА

Методические указания к лабораторной работе

Составители Г.Д. Слабожанин, Д.Г. Слабожанин,
А.А. Павленко



Томск – 2006

Исследование работы напорного гидроциклона: Методические указания к лабораторной работе / Сост. Г.Д. Слабожанин, Д.Г. Слабожанин, А.А. Павленко. – Томск: Изд-во Томского архитектурно-строительного университета. – 2006. – 11 с.

Рецензент к.т.н. В.И. Мельков

Редактор Т.С. Володина

В указаниях приводятся основные теоретические сведения, содержание и порядок выполнения учебных демонстраций и лабораторной работы по определению эффекта осветления жидкости в циклоне на разработанном авторами на уровне изобретения (патент №2216050) устройстве №11, входящем в состав портативных учебных лабораторий «КАПЕЛЬКА». Устройство работает по принципу песочных часов, поэтому по сравнению с традиционными установками для изучения работы гидроциклонов оно не имеет двигателей, насосов, вентилях, не требует подвода воды и электроэнергии, удобно для демонстраций, экономит лабораторные площади и имеет низкую стоимость.

Методические указания предназначены для студентов строительных, технологических и механических специальностей.

Печатается по решению методического семинара кафедры теплогазоснабжения №7 от 22.03.05 г.

Утверждены и введены в действие проректором по учебной работе В.С. Плевков.

с 01.05.2006 г.
до 01.01.2011 г.

Изд. Лиц. №021253 от 31.10.97. Подписано в печать _____ Формат 60 × 90 / 16.
Бумага офсет. Гарнитура Таймс. Печать офсет. Уч.– изд. л. _____ Тираж экз. 150.
Заказ № _____

Изд.-во ТГАСУ, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ
634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ НАПОРНОГО ГИДРОЦИКЛОНА	5
1. Общие сведения	5
2. Описание устройства для изучения циклона	7
3. Порядок выполнения лабораторной работы	8
Список рекомендуемой литературы	11

ВВЕДЕНИЕ

Методические принципы проведения лабораторного практикума по очистке капельных и газообразных жидкостей определяются задачами, которые стоят перед будущими инженерами-строителями по водоснабжению и канализации, инженерами-технологами и инженерами-механиками.

Студенты должны изучить конструкцию очистных установок и сущность технологических процессов, происходящих в них, а также приобрести навыки по определению их важнейших характеристик. С учебно-методической точки зрения, набор моделей в лаборатории не должен воспроизводить полностью в миниатюре современную очистную станцию. Это вызовет определенные трудности в условиях лаборатории, в связи с чем представляется более целесообразным ознакомление студентов с работой моделей отдельных сооружений и проведение на них экспериментов.

Особое внимание студентов должно быть обращено на изучение сущности физических процессов, протекающих в сооружениях. Поэтому учебные устройства должны обеспечивать максимальную видимость изучаемого явления, для чего они должны быть выполнены из прозрачного материала.

Знания, полученные в лаборатории, студенты в дальнейшем углубят в период прохождения производственной практики на действующих очистных станциях и в последующей инженерной деятельности.

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ НАПОРНОГО ГИДРОЦИКЛОНА

Цель работы. Изучить конструкцию и принцип действия напорного гидроциклона, приобрести навыки по определению эффективности его работы.

1. Общие сведения о гидроциклонах

Гидроциклоном называют аппарат для выделения из жидкости механических примесей под действием центробежных сил в закрученном потоке (рис. 1). Гидроциклоны могут быть использованы в процессах осветления сточных вод, сгущения осадков, отмывки песка от органических веществ, в том числе от нефтепродуктов.

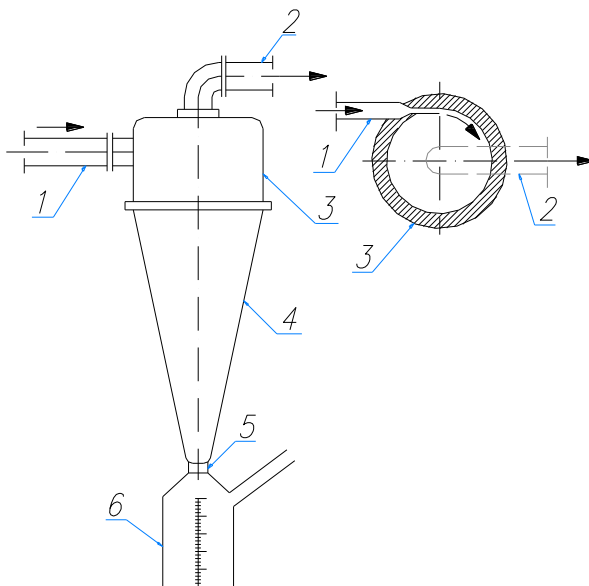


Рис.1. Схема напорного гидроциклона:
1 – питающий патрубок; 2 – сливной патрубок; 3 – цилиндрическая часть корпуса; 4 – коническая часть корпуса; 5 – шламовый патрубок; 6 – шламовый бункер (сборник уловленных частиц)

Очищенная жидкость подается через тангенциально расположенный питающий патрубок 1 в цилиндрическую часть корпуса 3 гидроциклона и постепенно опускается вниз конусной части 4 по винтовым пространственным спиральям. При вращении жидкости вокруг центральной геометрической оси циклона частицы примеси под действием центробежной силы отбрасываются к цилиндрической стенке корпуса и сползают по ней в конусное днище, из которого удаляются через шламовый патрубок 5 в шламовый бункер 6. В то же время осветленная вода меняет направление движения на 180° , движется вверх во внутреннем спиральном потоке и отводится из центра корпуса через сливной патрубок 2.

Скорость перемещения частицы к стенке циклона определяется двумя силами. Центробежная сила, которая стремится отбросить частицу к стенке циклона, определяется по формуле:

$$P = \frac{mv_t^2}{r}, \quad (1)$$

где m – масса частицы;

r – радиус вращения частицы вокруг геометрической оси циклона;

v_t – тангенциальная (окружная) скорость, направленная перпендикулярно к радиусу вращения в данной точке.

Противодействует перемещению частицы к стенке вдоль радиуса сила сопротивления жидкости:

$$S = 3\pi\mu du, \quad (2)$$

где u – радиальная скорость, направленная к стенке вдоль радиуса гидроциклона;

μ – вязкость среды;

d – диаметр частиц шлама.

Следует заметить, что центробежная сила, осаждающая твердую частицу на стенку циклона, значительно больше си-

лы тяжести, под действием которой происходит осаждение такой же частицы в отстойнике. Это обстоятельство обеспечивает более высокую эффективность работы и относительно малые размеры гидроциклона по сравнению с отстойником.

Эффект осветления, %, в гидроциклоне определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{C_{исх} - C_{осв}}{C_{исх}} \cdot 100, \quad (3)$$

где $C_{исх}$ – концентрация взвешенных веществ в исходной жидкости, поступающей на очистку в гидроциклон;

$C_{осв}$ – концентрация взвешенных веществ в осветленной воде.

Эффект осветления зависит от свойств очищаемой жидкости (плотности и вязкости), размера и плотности твердых частиц примеси, типа циклона, его размеров и скорости на входе. Из (1) видно, что эффект осветления повышается с увеличением скорости потока V и уменьшением радиуса r циклона. Однако эти действия связаны с резким возрастанием гидравлического сопротивления циклона, требуемого напора на входе и, следовательно, энергозатрат на очистку.

2. Описание устройства для изучения гидроциклона

Устройство для изучения гидроциклона (устройство №11) выполнено на основе патента РФ на изобретение №2216050, имеет прозрачный корпус (рис. 2), баки 1 и 7, соединенные каналами между собой и с гидроциклоном 4. Гидроциклон имеет питающий патрубок 2 для подачи исходной жидкости и сливной патрубок 3 для отвода осветленной жидкости. Под гидроциклоном расположен бункер 5, в котором накапливаются уловленные в циклоне механические примеси (загрязнения), уровень которых можно измерить по равномерной шкале 6.

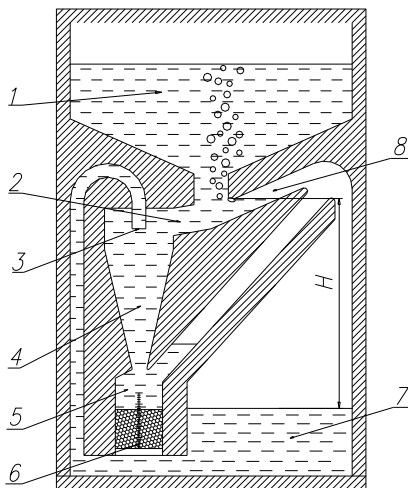


Рис. 2. Схема устройства №11:
 1, 7 – баки; 2 – питающий пат-
 рубок; 3 – сливной патрубком;
 4 – гидроциклон; 5 – бункер; 6 –
 уровнемерная шкала; 8 – воз-
 душный канал

Устройство заполнено водой, содержащей пластмассовые шарики, имитирующие загрязнения, и микроскопические частицы алюминия для визуализации течений и работает следующим образом. В положении устройства, изображенном на рис. 2, поступающая через гидроциклон в нижний бак вода вытесняет воздух в виде пузырей в верхний бак через воздушный канал 8, что способствует перемешиванию шарообразных частиц с жидкостью в верхнем баке 1. Жидкость с шарообразными частицами входит самотеком по питающему патрубку 2 в гидроциклон, где большая часть частиц отделяется и попадает в бункер 5. Осветленная жидкость с небольшой частью загрязнений поступает через сливной патрубок 3 в бак 7.

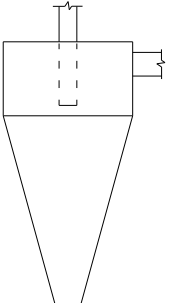
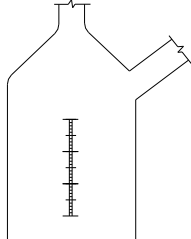
3. Порядок выполнения работы

1. Привести устройство в исходное положение, для чего поставить его на стол баком 1 и подождать, когда он полностью заполнится.

2. Медленно повернуть устройство в вертикальной плоскости по часовой стрелке до заполнения гидроциклона и бункера жидкостью без образования в них воздушных пробок. Затем поставить его баком 7 на стол, как показано на рис. 2.

3. Наблюдать структуру потоков в гидроциклоне и в бункере по меченым частицам алюминия и шарообразным включениям. Сделать зарисовку схемы движения частиц в гидроциклоне и бункере (табл.1).

Таблица 1

Гидроциклон	Бункер
	

4. Выполнить действия по п.п. 1, 2 и измерить уровень осадка h_{oc} в бункере после опорожнения верхнего бака. Опыт повторить 3 раза.

5. Результаты замеров и параметры устройства занести в табл. 2. Произвести расчеты эффекта осветления жидкости в гидроциклоне по формулам, приведенным в таблице.

Таблица 2

№ п/п	Наименование величин	Обозначения, формулы	№ опыта		
			1	2	3
1	Уровень осадка в бункере, см	h_{oc}			
2	Объем осадка в бункере, см ³	$V_{oc} = \omega \cdot h_{oc}$			
3	Объемная концентрация взвешенных веществ в исходной воде, см ³ /л	$C_{исх} = \frac{V}{W}$			
4	Объемная концентрация взвешенных веществ в осветленной воде, см ³ /л	$C_{осв} = \frac{V - V_{oc}}{W}$			
5	Эффект осветления, %	$\mathcal{E} = \frac{C_{исх} - C_{осв}}{C_{исх}} \cdot 100$			
6	Среднее арифметическое значение эффекта осветления, %	$\mathcal{E}_{cp} = \frac{1}{3} \sum_1^3 \mathcal{E}_i$			

Примечание. Объем примеси (шариков) в исходной воде $V = \dots$ см³, объем воды в устройстве $W = \dots$ л, площадь поперечного сечения бункера $\omega = \dots$ см² (указаны на корпусе устройства).

Список рекомендуемой литературы

1. Лабораторный практикум по водоотведению и очистке сточных вод: Учеб. пособие для вузов / Калицун В.И. и др. –М.: Стройиздат, 2001. - 272 с.

2. Руководство к практическим занятиям в лаборатории процессов и аппаратов химической технологии: Учеб. пособие для вузов / Под ред. чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова – Л.: Химия, 1990. – 272 с.

3. Патент РФ 2216050, МКИ G09B 23/12. Учебно-лабораторное устройство для демонстрации работы гидроциклона / Слабожанин Д.Г., Слабожанин Г.Д. – Оpubл. 10.11.2003 Бюл. №31.