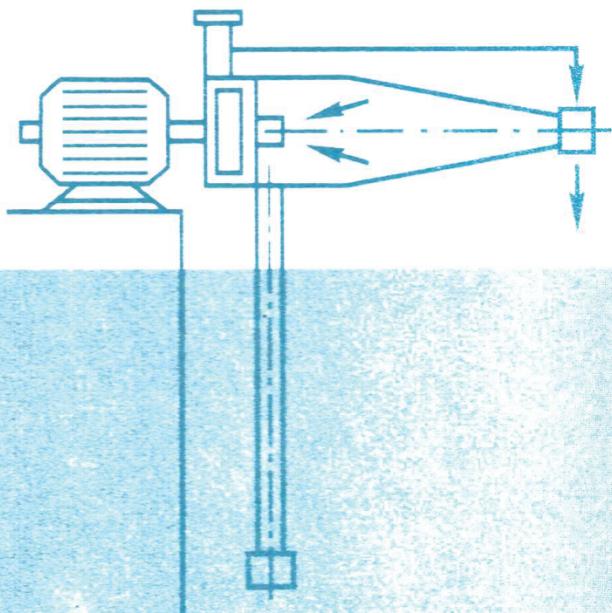


А. АБДУРАМАНОВ

**ГИДРАВЛИКА
ГИДРОЦИКЛОНОВ
И ГИДРОЦИКЛОННЫХ
НАСОСНЫХ
УСТАНОВОК**



А. Абдураманов

ГИДРАВЛИКА ГИДРОЦИКЛОНОВ И ГИДРОЦИКЛОННЫХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

Сетевое научное издание

© Абдураманов 1 2018
© ИД «Академия Естествознания»
© АНО «Академия Естествознания»
ISBN 978-5-91327-515-8

Москва
2018

УДК 532.5: 626.83

ББК 22.253

A13

Рецензенты:

Койбаков С.М. – доктор технических наук, профессор (Таразский Государственный университет имени М.Х. Дулати);

Касабеков М.И. – доктор (ph.D) (Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева).

Абдураманов А.

A13 Гидравлика гидроциклонов и гидроциклических насосных установок: монография. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2018. – 240 с.

ISBN 978-5-91327-515-8

В монографии представлены результаты экспериментальных и теоретических исследований движения однородной и двухкомпонентной жидкости в гидроциклической камере насосных установок. Составлены дифференциальные уравнения движения твердых частиц в циклонной камере, установленной произвольным образом в пространстве; определены диаметры граничных зерен в гидроциклонах, расположенных как на напорной, так и на всасывающей линиях насоса. Широко освещены практические предложения теории в различных конструкциях гидроциклических установок: в вакуумгидроциклических насосных установках для дождевальных машин, а также при машинных водозаборах из открытых и закрытых водоисточников.

Монография рассчитана на научных работников, магистрантов и докторантов (ph.D) и студентов старших курсов технических вузов. Она может быть полезной для всех технических работников водного хозяйства.

Библиогр. 256, назв. Ил. 106. Табл. 22.

ISBN 978-5-91327-515-8

© Абдураманов А., 2018

© ИД «Академия Естествознания»

© АНО «Академия Естествознания»

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ	5
ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ	8
Глава 1. ГИДРОЦИКЛОНЫ. ГИДРОЦИКЛОННЫЕ НАСОСНЫЕ УСТАНОВКИ ПО ОЧИСТКЕ ВОДЫ ОТ НАНОСОВ.....	9
1.1. Очистка воды для дождевальных машин и агрегатов.	
Борьба с наносами при механическом водоподъеме	9
1.2. Гидроциклоны. Гидроциклонные насосные установки.....	14
1.3. Вращательное движение однородной жидкости в напорных гидроци克лонах	20
Глава 2. ДВИЖЕНИЕ ОДНОРОДНОЙ ЖИДКОСТИ В ГИДРОЦИКЛОННЫХ КАМЕРАХ.....	28
2.1. Исследование динамики жидкости в гидроциклоне.....	28
2.2. Новые схемы компоновок гидроциклонной камеры	34
2.3. Распределение составляющих скоростей и давлений жидкости в цилиндро-конической гидроциклонной камере	44
2.4. Форма и параметры поверхности нулевых осевых скоростей в цилиндро-конической гидроциклонной камере	66
2.5. Механизм образования свободной поверхности в гидроциклонах. Размеры воздушного столба.....	72
2.6. Истечение и расход жидкости через песковое отверстие гидроциклона. Гидравлический тупик.....	76
2.7. Средние значения составляющих скорости и баланс расходов жидкости в цилиндро-конической гидроциклонной камере.....	80
Глава 3. ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ В ГИДРОЦИКЛОННОЙ ПРИЕМНОЙ КАМЕРЕ	91
3.1. Состояние вопроса и методика исследований.....	91
3.2. Дифференциальные уравнения движения одиночной твердой частицы в гидроциклонной камере.....	96
3.3. Уравнение траектории одиночной твердой частицы, движущейся в горизонтальной гидроциклонной камере без учета сопротивления среды	103
3.4. Обобщенная формула для расчета диаметров граничных зерен в вертикально расположенной гидроциклонной камере и ее частные случаи.....	106
3.5. Определение диаметров граничных зерен в гидроциклонной камере, расположенной горизонтально	110

3.6. Определение диаметров граничных зерен в гидроциклонной камере, расположенной под углом к вертикальной плоскости	116
3.7. Классификация и транспорт наносов в гидроциклонной камере, установленной вертикально устьем конуса вверх	120
3.8. Распределение наносов в камере и между разгрузочными отверстиями гидроциклиона-классификатора	125
3.9. Гидравлическое моделирование процессов в гидроциклоне	140
Глава 4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ И КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ ГИДРОЦИКЛОННОЙ КАМЕРЫ	150
4.1. Производительность гидроциклонной камеры	150
4.2. Расчет крупности разделения наносов	157
4.3. Конструктивный расчет элементов гидроциклонной камеры	163
Глава 5. ВАКУУМГИДРОЦИКЛОНЫ	175
5.1. Конструкция и принцип работы	175
5.3. Гидравлический расчет вакуумгидроциклона	187
5.4. Конструктивный расчет элементов вакуумгидроциклона	193
Глава 6. ГИДРОЭЛЕВАТОРЫ С ЦИКЛОННЫМИ ПРИЕМНЫМИ КАМЕРАМИ	195
6.1. Конструкция и принцип работы	195
6.2. Гидравлический расчет циклонной приемной камеры	196
6.3. Конструктивный расчет элементов циклонной приемной камеры	202
Глава 7. ГИДРОЦИКЛОННЫЕ НАСОСНЫЕ УСТАНОВКИ	206
7.1. Конструкции двухкамерных гидроциклональных установок и некоторые особенности движения в них потоков	206
7.2. Гидроциклональные насосные установки (ГЦНУ) для дождевальных машин «Фрегат» и ДДА-100М	209
7.3. Методика гидравлического и конструктивного расчетов двухкамерных гидроциклональных установок	215
7.4. Гидроциклональная насосная установка с электрогидравлическим промывным устройством импульсного действия	219
7.5. Гидроциклональная насосная установка с пневмогидравлическим промывным устройством импульсного действия	220
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	223
ЛИТЕРАТУРА	225

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Одной из основных проблем гидротехники и мелиорации является усовершенствование и создание качественно новых водозаборных устройств насосных станций и поливных машин. Разнообразие типов насосов дождевальных установок и поливных агрегатов требует комплексного решения многих вопросов. Во-первых, дождевальные машины должны получать очищенную орошающую воду, во-вторых, насосы должны подвергаться минимальному износу. Наиболее известные способы разделения фаз – осаждение наносов под действием силы тяжести и фильтрование не всегда удовлетворяют запросам практики и не отвечают необходимым требованиям: малогабаритности, компактности устройства, высокой степени разделения, возможности забора и очистки воды позиционно и при стационарном состоянии или непосредственно при движении поливного агрегата. Эти задачи могут быть успешно решены путем применения эффекта центробежного разделения фаз при вращательном движении двухфазной жидкости в аппаратах гидроциклического типа. Благодаря простоте конструкции, удобству компоновки в различных технологических системах (устройствах) они нашли широкое применение в народном хозяйстве.

Гидроциклоны все чаще применяются в комплексе с другими гидравлическими аппаратами. В частности, в вакуумгидроциклах гидроциклон снабжен гидроэлеватором, а гидроциклическая насосная установка состоит из насоса, гидроциклиона и гидроэлеватора.

Широкое распространение гидроциклических насосных установок сдерживается отсутствием общепринятых инженерных методов их расчета. Недостаточно исследована гидродинамика закрученного потока в гидроциклических камерах насосных установок. О гидроциклах, их применении опубликовано значительное число работ. Однако в большинстве случаев объектом исследования является цилиндроконический гидроциклон, установленный устьем конуса вниз. Именно этому расположению гидроцикла посвящены, почти все количественные и качественные анализы, аналитические и эмпирические формулы по определению гидравлических и технологических характеристик. И это не случайно. В производстве преимущественно используются высоко- и средненапорные гидроциклоны, реже применяются гидроциклоны под низким давлением и изредка безнапорные (открытые).

Вопрос о возможности работы гидроциклона при скорости входа жидкости в его камеру в пределах скорости всасывания жидкости насосом (1–2 м/с) был разрешен только в конце 1967 г. [1]. Поэтому проблеме разделения наносов в гидроциклоне, расположенном в пространстве произвольным образом, не уделялось достаточного внимания. Естественно,

для высоконапорных гидроциклонов этот вопрос не имеет сколько-нибудь важного значения, но он становится предметом особого обсуждения при низких, напорах, напорно-вакуумных и вакуумных условиях работы гидроциклона, где фактор разделения $\Phi_{\text{вх}} = \frac{g^2}{gR_{\text{вх}}}$ не превышает 5 (при $R_{\text{вх}} = 0,5$ м).

Даже в средненапорных гидроциклах ($H_{\text{вх}} = 20$ м вод. ст., $R_{\text{вх}} = 0,5$ м) $\Phi_{\text{вх}}$ не превышает 60. В этих условиях пренебрежение силой тяжести твердых частиц в уравнениях движения приводит к значительным ошибкам.

В настоящее время по существу нет ни одной работы, обобщающей гидравлику гидроциклонов и гидроциклических установок, действующих при различных физических условиях. Известно, что нами [1] в 1967 г. предложен гидроциклический способ улавливания наносов на всасывающей линии насоса. Аналогичные работы за рубежом появились значительно позже [100, 219, 256]. Этот способ нашел применение в различных областях гидротехники и мелиорации. Основой всех существующих гидроциклических установок является вакуумгидроциклон, т.е. гидроциклон, установленный на всасывающей линии насоса и снабженный в устье конуса гидроэлеватором. Дальнейшее углубленное изучение кинематики и динамики жидкостей показало общность основных закономерностей в движении гидроциклических потоков в напорном, напорно-вакуумном и вакуумном условиях. И это послужило причиной для разработки единой методики расчета вакуумгидроциклонов, а также гидроциклонов среднего и низкого давления.

Ранее А.И. Поваровым было установлено существование двух потоков: восходящего и нисходящего. Затем это открытие было немедленно использовано М.Г. Акоповым [37], Л.А. Смоленским и др. [185], А.П. Юфиным [216] и другими [204, 250, 2–5–1] для определения некоторых гидравлических параметров потока и размеров аппарата через радиус поверхности нулевых осевых скоростей (НОСк).

Однако определение геометрических параметров поверхности НОСк потребовало знания распределения составляющих скоростей жидкости в камере циклона. Некоторые попытки в этом отношении сделаны в работах [121, 225, 226, 236]. Существует также ряд формул [37, 181, 250] по определению размеров граничных зерен, включающих тангенциальные и радиальные скорости потока на поверхности нулевых осевых скоростей. А установление последних связано с общими закономерностями распределения каждой из составляющих абсолютной скорости. Как видно, при решении тех или иных конкретных задач исследователи всегда старались увязать их с параметрами слоя, заключенного между восходящим и нисходящим токами. Однако недостаточность развития гидроциклической теории и экспериментальных данных не позволяла до конца решить поставленные вопросы и тем более обобщить их. Большие возможности открылись только после исследования гидроциклонов низкого давления [76, 103, 184].

и гидроциклонов в вакуумных условиях [1–4, 7, 8, 28, 29–31, 83–33, 38, 39, 75, 78–82, 84–90]. Большое количество материалов по исследованию гидроциклонов среднего и низкого давления и гидроциклонов, установленных на всасывающей линии насосов, дала возможность впервые поставить вопрос о разработке общей методики расчета гидроциклических насосных установок исходя из гидравлической структуры потока в циклонной камере.

В процессе выполнения этой работы, создании и отладке экспериментальных установок, проведении экспериментальных исследований большую помощь оказали сотрудники лаборатории водоподъемных установок Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства и кафедр теоретической механики и гидравлики Жамбылского гидромелиоративно-строительного института. Улучшению содержания работы способствовали критические замечания и полезные советы, высказанные в разное время членом-корреспондентом АН СССР О.Ф. Васильевым, профессорами Д.В. Штеренлихтом и В.В. Найденко. Автор выражает благодарность доктору технических наук, профессору В.М. Лятхеру за постоянное внимание и ценные советы по улучшению содержания книги.

Все замечания и поправки будут приняты автором с благодарностью и учтены в дальнейшем.

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Прошло два десятилетия как вышла в свет первое издание данной монографии, однако из-за малого тиража она не смогла быть достоянием всех специалистов. Поступило множество предложений об ее переиздании. Выполнение этого предложения автором стало возможным только в текущем году в силу государственной поддержки в виде гранта «Лучший преподаватель вуза».

Опубликованные в печати книги: И.Г. Терновского и А.М. Кутепова «Гидроциклонирование» (М.: «Наука», 1994, 349 с.), Н.Ф. Кряжевских, Ф.Н. Кряжевских «Интенсификация работы групповых водопроводов» (Краснодар, изд-во «Советская Кубань», 2000, 365 с.), «Водозаборно-очистные сооружения и устройства» под редакцией Журвы (учебное пособие. – М.: Изд-во «Астрель и Аст», 2003, 569 с.) показали высокую актуальность данного направления науки и необходимость глубокого изучения технологических процессов гидроциклонирования. Разгадка тайн закрученных потоков остается одним из главных проблем науки XXI века. Загадок тут еще предостаточно. Надеемся, что осуществление переиздания данной монографии будет способствовать достижению важных, новых результатов в этом направлении.

Считаю своим приятным долгом выразить благодарность Абдурамановой Дине Абдуманаповне, выполнившей кропотливую работу по подготовке монографии к изданию.