

УДК 628.16.067.3

А.Н. КИМ

доктор технических наук, профессор кафедры водоснабжения
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

А.В. УТИН

технический директор ООО «Калан»

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ДРЕНАЖНЫХ КОЛПАЧКОВ В РЕЖИМЕ ПРОМЫВКИ ВОДООЧИСТНЫХ ФИЛЬТРОВ

COMPARATIVE HYDRAULIC TESTS OF DRAINAGE CAPS IN WATER PURIFYING FILTERS WASHING REGIME

Результаты проведенных исследований показывают, что современные дренажные колпачки новых конструкций с новыми материалами недостаточно корректно характеризовать коэффициентом расхода μ . Требуется проведение дополнительных исследований, чтобы выработать более подходящие критерии для сравнения колпачков разных типов.

Ключевые слова: эффективность и надежность, колпачковые, трубчатые и щелевые дренажи, поддерживающие (подстилающие) гравийные слои, щелевые без поддерживающих слоев.

Основным звеном в составе очистных сооружений, как известно, являются фильтры с зернистой загрузкой, обеспечивающие как самостоятельно, так и на финишной стадии требуемое качество очищенной воды. Опыт работы водоочистных сооружений показывает, что эффективная и надежная работа фильтров в значительной степени зависит от правильного выбора и расчета дренажных водораспределительных устройств.

Помимо обычных условий прочности и возможной дешевизны, конструкция дренажа должна [1, 4]:

- предупреждать вынос фильтрующего материала из фильтра, но не засоряться в процессе работы;
- обеспечивать равномерную фильтрацию воды по всей площади фильтра;
- осуществлять равномерность промывки фильтра, не допуская пробивания промывочной воды струями в отдельных местах, когда другие части фильтра остаются не промытыми.

В зависимости от назначения и конструкции фильтра (открытые скорые фильтры и контактные осветлители, напорные скорые и сверхскоростные фильтры и др.), применяются следующие типы дренажных систем:

According to researchers, the coefficient of discharge μ fails to reflect the efficiency of brand new makes of drainage caps with their state-of-the-art materials. Further research is required to work out new criteria of comparison of different types of drainage caps.

Key words: efficiency and reliability, drainage caps, pipe and crevice drainage, with or without supporting gravel layers.

- трубчатые дренажи большого сопротивления с круглыми отверстиями с поддерживающими (подстилающими) гравийными слоями и с щелями без поддерживающих слоев;
- колпачковые дренажи безнапорных и напорных фильтров различных конструкций без поддерживающих слоев и др.

Колпачковый дренаж выполняется в виде щелевых колпачков, которые навинчиваются на штуцера распределительной системы или закрепляются в «ложном» (промежуточном) дне фильтра. Колпачковым дренажам свойственен недостаток – при большом количестве колпачков (35-50 штук на 1 м² рабочей площади фильтра [5]) возможны случаи, когда хотя бы один колпачок может быть недостаточно прочным или плохо закрепленным. В процессе монтажа или при промывке фильтра такой колпачок может быть поврежден (частично разрушен), сорван потоком промывочной воды, что повлечет попадание загрузки в распределительную систему и, как следствие, вызовет перегрузку фильтрующего материала, чистку распределительной системы и установку нового колпачка. Поэтому к дренажным колпачкам должны предъявляться соответствующие требования, обеспечивающие эффективность, надежность и долговечность их работы.

В общем случае щелевые дренажные колпачки различных конструкций было принято характеризовать коэффициентом расхода μ , определяемым по формуле [2, 3]:

$$\mu = 1 / (1 + \zeta_k)^{1/2}, \quad (1)$$

где ζ_k – коэффициент сопротивления колпачка.

$$\zeta_k = 2g\Delta h_{\text{ш}} / V_{\text{ш}}^2, \quad (2)$$

где g – ускорение силы тяжести; $\Delta h_{\text{ш}}$ – потери напора в колпачке (фильтр не загружен зернистым материалом), м; $V_{\text{ш}}$ – скорость движения воды в щелях колпачка, м/с.

Для дренажных колпачков, фильтрующая поверхность которых выполнена в виде пористой перегородки, например, из волокнисто-пористого полиэтилена, расчетная площадь пор определяется в соответствии с техническими условиями (колпачки № 6, 7).

Идентификация дренажных колпачков различных конструкций при определении коэффи-

циента расхода может производиться при отношении площади щелей колпачка $S_{\text{щ}}$ к площади штуцера колпачка $S_{\text{шт}}$:

$$K = S_{\text{щ}} / S_{\text{шт}} > 2. \quad (3)$$

В табл. 1 представлены исследованные дренажные колпачки и приведены их характеристики.

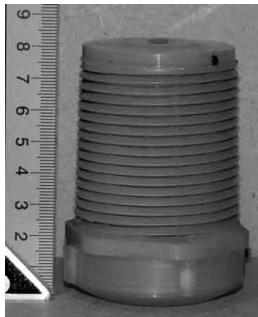
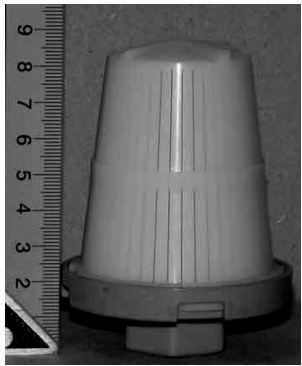
В табл. 2 приведены значения K и μ для исследуемых дренажных колпачков. Коэффициент μ рассчитан для промывного расхода 0,5 л/с (1,8 м³/ч).

Для испытаний колпачков была смонтирована установка (рис. 1).

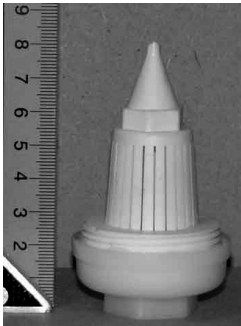
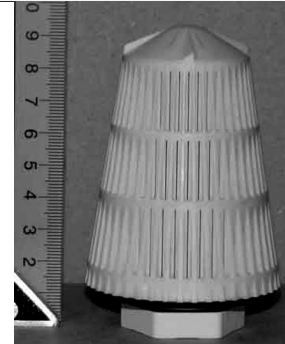
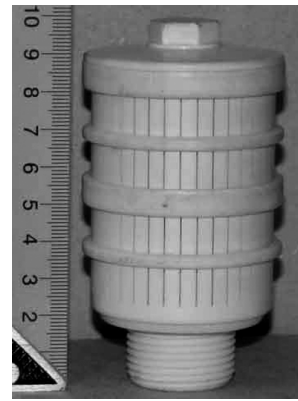

Вода из ёмкости 4 насосом 5 через ручной дроссельный клапан 6 и расходомер 7 по трубопроводам подавалась к коллектору 3 и колпачку 2, установленному на коллекторе в емкости 1, из которой через перелив вода возвращалась в ёмкость 4.

Таблица 1

Характеристика дренажных колпачков

Вид Тип	Страна	Высота, мм	Диаметр наиб., мм	Площадь щелей, мм²	Вес, г	Резьба
	Изготовитель					
Особенности конструкции						
 К-500 (Д-45461-СБ)	Россия, «ВИКС»	80	62	402	48	1/2" внутр.
	Состоит из двух литых полимерных деталей – щелевой части и крышки с отверстием с резьбой G1/2. Детали соединяются с помощью резьбы. Щели находятся между витками спирали. Для повышения износостойкости и прочности спираль выполнена в виде резьбы с треугольным зубом. Шаг спирали равен 3 мм, при 16 витках диаметром 40 мм и размером щели 200 мкм					
 ФЭЛ исп. 4П	Россия, «ТЭКО-ФИЛЬТР»	85	62	470	44	1/2" внутр.
	Состоит из двух литых полимерных деталей – щелевой части и крышки с отверстием с резьбой G1/2. Детали соединяются с помощью байонета. Имеет 2 яруса по 45 щелей длиной по 25 мм и 8 щелей по 12 мм на верхнем торце. Межщелевые пластины - треугольной формы с вершинами внутрь полости колпачка. При расходах промывной воды свыше 12-15 л/мин в нижней части образуется разрежение (эжекторный эффект), что может привести к образованию локальных турбулентных потоков снаружи колпачка					

Продолжение табл. 1

Вид Тип	Страна Изготовитель	Высота, мм	Диаметр наиб., мм	Площадь щелей, мм ²	Вес, г	Резьба
	Особенности конструкции					
 ВТИ-К	Россия, «ВИКС»	80	48	270	24	1/2" внутр.
	Состоит из двух литых полимерных деталей – щелевой части и крышки с отверстием с резьбой G1/2. Детали соединяются с помощью резьбы. Имеется 24 щели по 25 мм шириной 450 мкм. Межщелевые пластины - треугольной формы с вершинами внутрь полости колпачка					
 Тип GDU	Германия, KSH	86	63	1500	62	1/2" внутр.
	Состоит из двух литых полимерных деталей – щелевой части и внутреннего коллектора с отверстием с резьбой G1. Детали склеены между собой. Имеются 3 яруса по 44 щели, длиной 56 мм и 8 щелей по 12 мм на верхнем торце. Для предотвращения эжекторного эффекта (см. колпачок №2), есть внутренний коллектор. Испытываемый образец оборудован переходом G1xG1/2. Размер щелей 200 мкм					
 Тип C2	Германия, KSH	100	65	432	62	M30x2, наруж.
	Состоит из четырех литых полимерных деталей – внутреннего коллектора, двух деталей, щелевой части и крышки. Коллектор имеет наружную резьбу M26x2 для крепления к распределительному устройству. В коллекторе есть 6 отверстий для подачи воды к каждой детали щелевой части (2 и 4 отверстия на деталь). Площадь отверстий в коллекторе - около 450 мм ² . Детали щелевой части одеваются на коллектор и фиксируются с помощью крышки, которая крепится к коллектору с помощью резьбы. Всего имеется 4 яруса по 36 щелей длиной 10 мм. Щели равны 300 мкм					
 ФЭЛ исп.1	Россия, «ТЭКО-ФИЛЬТР»	40	78	Зазор в металл. спирали площадью 340 мм ²	140	1/2" внутр.
	Цельносварное изделие из нержавеющей стали. Фильтрующая поверхность представляет собой спираль из стальной полосы, которой придана коническая форма. Исходя из пористости, равной 20 %, площадь щелей составляет 340 мм ² . Определена примерно					

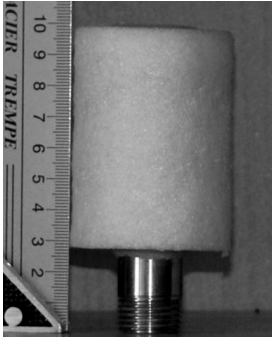
Вид Тип	Страна Изготовитель	Высота, мм	Диаметр наиб., мм	Площадь щелей, мм ²	Вес, г	Резьба
	Особенности конструкции					
 ДКЗС-40/60-70-1/2Н	Россия, «РУМ»	100	54	Пористая поверх- ность площадью 3000 мм ²	55	1/2" наружная
	Изделие состоит из двух частей: каркаса из нержавеющей стали типа «беличье колесо» с приваренным штуцером с наружной резьбой G1/2 и «тубуса» из волокнисто – пористого полиэтилена. Исходя из пористости, равной 30%, площадь проходного сечения составляет более 3000 мм ²					

Таблица 2

Характеристика колпачков

Тип колпачка	Площадь штуцера $S_{шт}$, мм ²	Площадь щелей $S_{щ}$, мм ²	Отношение $K = S_{щ}/S_{шт}$	Коэффициент μ
К-500 (Д-45461-СБ)	113	402	3,56	0,27
ФЭЛ исп. 4П	113	470	4,16	0,22
ВТИ-К	113	270	2,39	0,43
Тип GDU	113	1500	13,27	0,12
Тип С2	169	450	2,66	0,32
ФЭЛ исп.1	113	340	3,01	0,40
ДКЗС-40/60-70-1/2Н	113	3000	26,55	0,04

Для измерений были применены пьезометры (прозрачные трубки из ПВХ), соединенные с коллектором, полостью колпачка и ёмкостью 1. Свободные концы трубок закреплены на панели в вертикальном положении. К панели приклеена линейка длиной 1 м с ценой деления 1 мм.

После установки очередного колпачка запускался насос при полностью открытом дросселе. Измерялись величины динамического уровня (мм вод. ст.), давления в колпачке (мм вод. ст.) и в коллекторе (мм вод. ст.). По расходомеру и секундомеру определялся расход воды. Далее дросселем уменьшался расход и проводилась новая серия измерений.

Результаты измерений сводились в таблицы. За сопротивление колпачка принималась разность между давлением в коллекторе и динамическим уровнем (рис. 1). По таблицам построен общий график роста сопротивления колпачка в зависимости от расхода (рис. 2).

На основе полученных данных, можно сделать следующие выводы:

1. Европейский лидер в производстве колпачков – фирма KSH – создает весьма сложные их конструкции (№ 4 и 5) с внутренними коллекторами для надёжного водораспределения и исключения турбулентных потоков у колпачков.

2. Гидродинамические сопротивления колпачков существенно отличаются друг от друга, особенно при расходах режима промывки. Так, сопротивление колпачка № 5 (тип С2 фирмы KSH, Германия) при расходе 2 м³/ч превышает сопротивление колпачка № 2 (ФЭЛ исп. 4П «ТЭКО - ФИЛЬТР», Россия) практически вдвое.

3. Динамика роста сопротивления колпачка ДКЗС-40/60-70-1/2Н фирмы «РУМ» существенно отличается от всех щелевых колпачков. Его сопротивление на малых расходах наибольшее. С ростом же расхода сопротивление растёт менее интенсивно. Это объясняется разным вкладом сил поверхност-

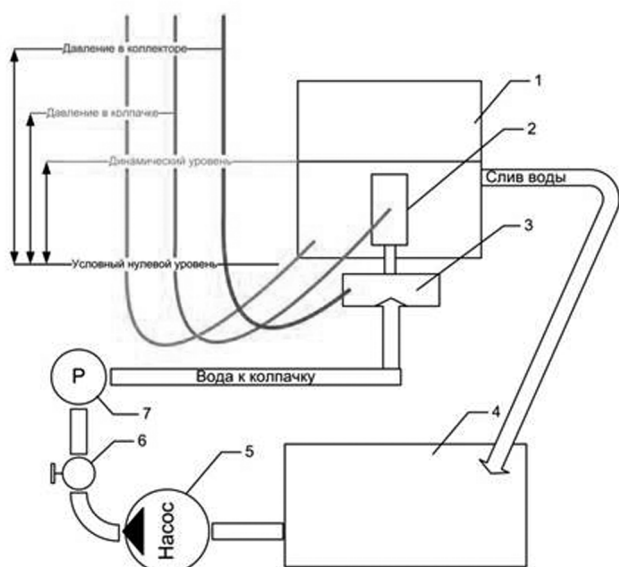


Рис. 1. Схема установки измерения сопротивления дренажных колпачков

ного натяжения в общее сопротивление пористой структуры на различных расходах.

4. Наиболее близки к характеристикам колпачков KSH колпачки № 1 (К-500 Д-45461-СБ) и № 7 (ДКЗС-40/60-70-½Н фирмы «РУМ»).

5. Весьма распространенный колпачок № 3 (ВТИ-К), видимо, мало применим в осветлительных фильтрах из-за широких щелей (400-450 мкм) и слабой конструкции.

6. Колпачки № 4 и 6 создают устойчивые восходящие потоки, и их работа в фильтрах требует дополнительного изучения.

7. Стоимость колпачков № 7 (250 рублей) и возможность замены их защитного слоя (40 рублей) делает их весьма привлекательными с учетом высокой прочности и неподверженности кальматации.

8. Результаты проведенных исследований показывают, что современные дренажные колпачки новых конструкций с новыми материалами недостаточно корректно характеризовать коэффициентом расхода μ . Требуется проведение дополнительных исследований для выработки более подходящих критериев для сравнения колпачков разных типов.

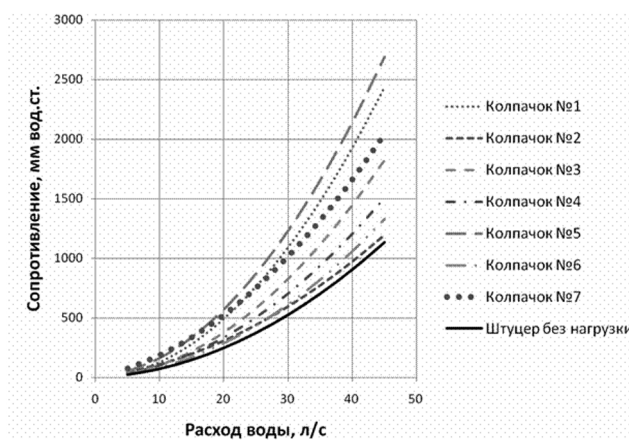


Рис. 2. Рост сопротивления колпачков в зависимости от расхода воды

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гениев, Н.Н. Водоснабжение городов и промышленных предприятий [Текст] / Н.Н. Гениев. – М.-Л.: Государственное научно-техническое издательство, 1931.–788 с.
2. Жулин, А.Г. Гидравлические исследования щелевых дренажных колпачков [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.Г. Жулин. – Л.: ЛИСИ, 1972.- 21 с.
3. Справочник по гидравлике [Текст] / под ред. В.А. Большакова. – Киев: Вища школа, 1977.- 280 с.
4. Николадзе, Г.И. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения [Текст] / Г.И. Николадзе, Д.М. Минц, А.А. Кастальский. - М.: Высшая школа, 1984.- 368 с.
5. СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / [Текст]. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.

© Ким А.Н., Утин А.В., 2011