



УКРАЇНА

(19) UA (11) 5656 (13) C1

(51) B 01 D 24/30

ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІД

(54) ФІЛЬТР ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

1

(21) 94020602  
 (22) 19.05.93  
 (31) 5042689  
 (32) 20.05.92  
 (33) RU  
 (46) 28.12.94. Бюл. № 7-1  
 (56) Авторское свидетельство СССР  
 № 786098, кл. В 01 D 24/10, 1980.  
 Авторское свидетельство СССР  
 № 1123131, кл. В 01 D 24/30, 1983 (прото-  
 тип).  
 (71) Маріупольський коксохімічний завод  
 (72) Лаврушин Валерій Іванович, Телешев  
 Юрій Володимирович, Олейніков Володи-  
 мир Васильович, Шульга Ігор Володимиро-  
 вич  
 (73) Маріупольський коксохімічний завод  
 (57) Фільтр для очистки воды, содержащий  
 корпус с крышкой и днищем, заполненный  
 плавающей фильтрующей загрузкой, рас-  
 пределительное средство для подвода очи-  
 щаемой воды, размещенное в верхней части

2

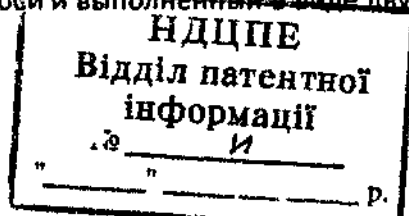
корпуса, дренажную систему для отвода  
 очищенной воды из средней части корпуса,  
 патрубки с эжектором для вывода загрузки  
 на регенерацию, вмонтированные в крышку  
 корпуса, устройство для регенерации, вы-  
 выполненное в виде цилиндрической обечай-  
 ки с патрубком для отвода промывной  
 воды, присоединенное к днищу, и трубо-  
 провод для транспортирования регенериру-  
 емой загрузки, о т л и ч а ю щ и с я тем, (19) UA (11) 5656 (13) C1  
 что верхняя часть обечайки снабжена кону-  
 сом с углом при вершине 90–120°, при этом  
 на поверхности обечайки на расстоянии от  
 днища, равном 0,45–0,70 ее высоты выпол-  
 нены прямоугольные отверстия, распо-  
 ложенные на равном расстоянии одно от  
 другого, длина которых составляет 1–1,4 их  
 высоты и равна 0,18–0,32 диаметра обечай-  
 ки, общая площадь цилиндрической части  
 обечайки, а диаметр патрубка для отвода  
 промывной воды составляет 0,12–0,25 диа-  
 метра обечайки.

Изобретение относится к фильтрам для  
 очистки воды от взвешенных веществ и неф-  
 тепродуктов и может быть использовано в  
 металлургической, химической, горноруд-  
 ной промышленности и других областях на-  
 родного хозяйства.

Известен противоточный фильтр непре-  
 рывного действия, содержащий корпус с  
 крышкой и днищем, плавающей фильтрую-  
 щей загрузкой и патрубками для отвода про-  
 мывной воды и вывода загрузки на реге-  
 нерацию, распределитель исходной во-  
 ды, расположенный в верхней части корпуса  
 по его оси и выполненный в виде двух соос-

но установленных цилиндрических конусов, вер-  
 шины которых повернуты по оси фильтра  
 одна относительно другой на 180°, дренаж-  
 ную систему, трубопроводы гидрореагента  
 исходной и промывной воды, эжектор,  
 соединенный с трубопроводами гидрореа-  
 генции и промывной воды и устройство  
 для регенерации, размещенное в нижней ча-  
 сти корпуса и выполненное в виде соосно  
 установленной обечайки с раструбом, в ко-  
 торой тангенциально подведен трубопровод  
 гидрореагента [1]

Недостатками указанного устройства  
 являются невысокое качество очистки воды,



регенерации загрузки и унос гранул загрузки с промывной водой, потому что устройство для регенерации имеет малое гидравлическое сопротивление, обуславливающее высокую скорость промывной воды в этом устройстве, что в свою очередь повышает гидродинамический напор и является причиной уноса из фильтра большого количества гранул загрузки с промывной водой, которые отлагаются в трубопроводе промывной воды и являются безвозвратными потерями. Это приводит к ухудшению качества регенерации загрузки. Кроме того, уменьшение количества гранул загрузки в фильтре приводит к повышению удельной нагрузки по загрязнению на фильтрующий материал и является причиной ухудшения качества очистки воды.

Наиболее близким по сущности и достигаемому эффекту к предлагаемому решению является фильтр для очистки воды непрерывного действия, содержащий корпус с крышкой и днищем, плавающую загрузку, патрубки с эжектором для вывода загрузки на регенерацию, распределительное средство с патрубком для подвода очищаемой воды, установленное в верхней части корпуса по его оси и выполненное в виде перфорированного обратного конуса с отверстиями, в которых размещены основной и дополнительные патрубки, дренажную систему для отвода очищенной воды, устройство для регенерации, выполненное в виде цилиндрической обечайки с патрубком для отвода промывной воды, присоединенное к днищу и трубопровод для транспортирования регенерируемой загрузки [2].

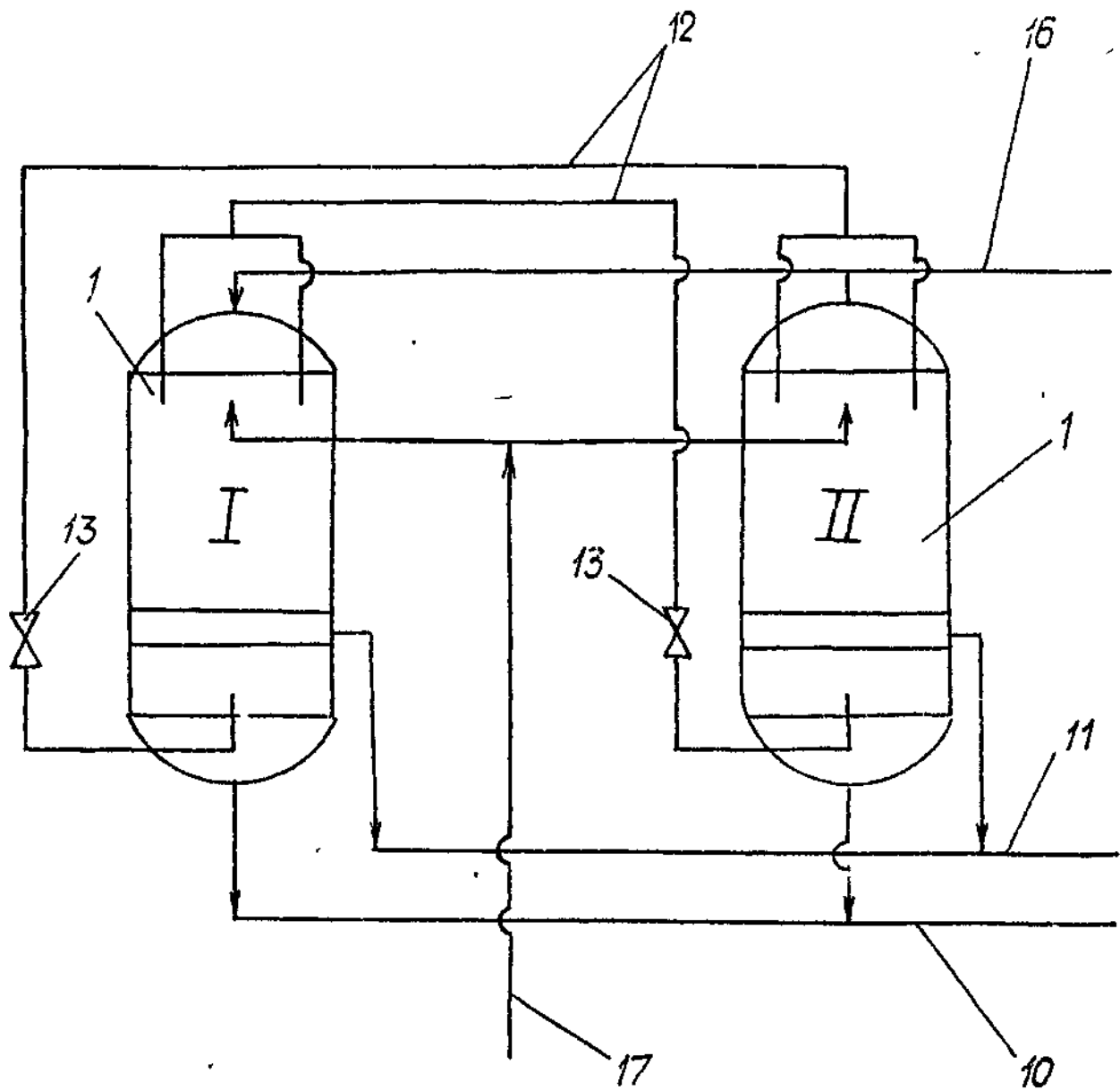
Устройство по прототипу имеет те же недостатки, что и аналог. В основу изобретения поставлена задача усовершенствования фильтра для очистки воды, в котором за счет оптимизации его конструкции обеспечивается предотвращение уноса гранул фильтрующей загрузки с промывной водой, увеличение степени очистки воды от твердых частиц и от масел, снижение гидравлического сопротивления фильтра и за счет этого повышается качество очищенной воды и качество регенерации загрузки.

Поставленная задача решается тем, что в фильтре для очистки воды, содержащем корпус с крышкой и днищем, заполненный плавающей фильтрующей загрузкой, распределительное средство для подвода очищаемой воды, размещенное в верхней части корпуса, дренажную систему для отвода очищенной воды из средней части корпуса, патрубки с эжектором для вывода загрузки на регенерацию вмонтированные в крышку корпуса, устройство для регенерации, вы-

полненное в виде цилиндрической обечайки с патрубком для отвода промывной воды, присоединенное к днищу, и трубопровод для транспортирования регенерируемой загрузки, согласно изобретению верхняя часть обечайки снабжена конусом с углом при вершине  $90-120^\circ$ , при этом на поверхности обечайки на расстоянии от днища, равном  $0,45-0,70$  ее высоты выполнены прямоугольные отверстия, расположенные на равном расстоянии одно от другого, длина которых составляет  $1-1,4$  их высоты и равна  $0,18-0,32$  диаметра обечайки, общая площадь отверстий составляет  $0,23-0,51$  площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки, а диаметр патрубка для отвода промывной воды равен  $0,12-0,25$  диаметра обечайки.

Выполнение верхней части обечайки в виде конуса позволяет предотвратить унос гранул загрузки с промывной водой. При этом эффективность отделения гранул загрузки от промывной воды зависит в первую очередь от величины угла при вершине конуса. При оптимальной величине угла при вершине большая часть гранул загрузки должна задерживаться на конической поверхности обечайки, а затем, под действием гидростатических сил, всплывать в зону формирования загрузки. Если величина угла при вершине конуса меньше оптимальной, то большая часть гранул загрузки не будет задерживаться на конической поверхности, а вместе с потоком промывной воды попадет внутрь обечайки, а затем — в патрубок для отвода промывной воды, будет отлагаться в коленах трубопроводов и забивать их. Кроме того, это приведет к потере фильтрующего материала. Если величина угла при вершине конуса больше оптимальной, то ухудшаются условия обтекания конической части обечайки потоками промывной воды, увеличивается гидравлическое сопротивление фильтра. Это приводит к снижению производительности фильтра, росту количества загрязнений в воде после очистки и снижению степени очистки. Следовательно, предотвращение уноса гранул загрузки с промывной водой, минимальное гидравлическое сопротивление фильтра и максимальная степень очистки воды достигается лишь при оптимальной величине угла при вершине конической части обечайки.

На показатели работы фильтра влияет также конструкция цилиндрической части обечайки. Она должна обеспечивать удаление из фильтра промывной воды и задерживать гранулы плавающей загрузки, вносимые потоком промывной воды в нижнюю часть днища фильтра. Для удаления промывной воды



Фиг. 3

Упорядник В Лаврушин

Техред М Моргентал

Коректор Л. Лівріні

Замовлення 616

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Виробничо-видавничий комбінат "Патент", м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101





УКРАЇНА

(19) UA (11) 5656 (13) C1

(51) B 01 D 24/30

ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІД

(54) ФІЛЬТР ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

1

(21) 94020602  
 (22) 19.05.93  
 (31) 5042689  
 (32) 20.05.92  
 (33) RU  
 (46) 28.12.94. Бюл. № 7-1  
 (56) Авторское свидетельство СССР  
 № 786098, кл. В 01 D 24/10, 1980.  
 Авторское свидетельство СССР  
 № 1123131, кл. В 01 D 24/30, 1983 (прото-  
 тип).  
 (71) Маріупольський коксохімічний завод  
 (72) Лаврушин Валерій Іванович, Телешев  
 Юрій Володимирович, Олейніков Володи-  
 мир Васильович, Шульга Ігор Володимиро-  
 вич  
 (73) Маріупольський коксохімічний завод  
 (57) Фильтр для очистки воды, содержащий  
 корпус с крышкой и днищем, заполненный  
 плавающей фильтрующей загрузкой, рас-  
 пределительное средство для подвода очи-  
 щаемой воды, размещенное в верхней части

2

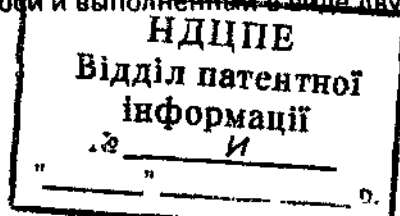
корпуса, дренажную систему для отвода  
 очищенной воды из средней части корпуса,  
 патрубки с эжектором для вывода загрузки  
 на регенерацию, вмонтированные в крышку  
 корпуса, устройство для регенерации, вы-  
 выполненное в виде цилиндрической обечай-  
 ки с патрубком для отвода промывной  
 воды, присоединенное к днищу, и трубо-  
 провод для транспортирования регенериру-  
 емой загрузки, о т л и ч а ю щ и й с я т е м ,  
 что верхняя часть обечайки снабжена кону-  
 сом с углом при вершине 90–120°, при этом  
 на поверхности обечайки на расстоянии от  
 днища, равном 0,45–0,70 ее высоты выпол-  
 нены прямоугольные отверстия, распо-  
 ложенные на равном расстоянии одно от  
 другого, длина которых составляет 1–1,4 их  
 высоты и равна 0,18–0,32 диаметра обечай-  
 ки, общая площадь цилиндрической части  
 обечайки, а диаметр патрубка для отвода  
 промывной воды составляет 0,12–0,25 диа-  
 метра обечайки.

Изобретение относится к фильтрам для  
 очистки воды от взвешенных веществ и неф-  
 тепродуктов и может быть использовано в  
 металлургической, химической, горноруд-  
 ной промышленности и других областях на-  
 родного хозяйства.

Известен противоточный фильтр непре-  
 рывного действия, содержащий корпус с  
 крышкой и днищем, плавающей фильтрую-  
 щей загрузкой и патрубками для отвода про-  
 мывной воды и вывода загрузки на  
 регенерацию, распределитель исходной во-  
 ды, расположенный в верхней части корпуса  
 по его оси и выполненный в виде двух соос-

но установленных цилиндрических конусов, вер-  
 шины которых повернуты по оси фильтра  
 одна относительно другой на 180°, дренаж-  
 ную систему, трубопроводы гидрореагре-  
 грузки исходной и промывной воды, эжектор,  
 соединенный с трубопроводами гидропе-  
 регрузки и промывной воды и устройство  
 для регенерации, размещенное в нижней ча-  
 сти корпуса и выполненное в виде соосно  
 установленной обечайки с раструбом, в ко-  
 торой тангенциально подведен трубопровод  
 гидрореагрегрузки [1]

Недостатками указанного устройства  
 являются невысокое качество очистки воды.



(19) UA (11) 5656 (13) C1

регенерации загрузки и унос гранул загрузки с промывной водой, потому что устройство для регенерации имеет малое гидравлическое сопротивление, обуславливающее высокую скорость промывной воды в этом устройстве, что в свою очередь повышает гидродинамический напор и является причиной уноса из фильтра большого количества гранул загрузки с промывной водой, которые отлагаются в трубопроводе промывной воды и являются безвозвратными потерями. Это приводит к ухудшению качества регенерации загрузки. Кроме того, уменьшение количества гранул загрузки в фильтре приводит к повышению удельной нагрузки по загрязнению на фильтрующий материал и является причиной ухудшения качества очистки воды.

Наиболее близким по сущности и достигаемому эффекту к предлагаемому решению является фильтр для очистки воды непрерывного действия, содержащий корпус с крышкой и днищем, плавающую загрузку, патрубки с эжектором для вывода загрузки на регенерацию, распределительное средство с патрубком для подвода очищаемой воды, установленное в верхней части корпуса по его оси и выполненное в виде перфорированного обратного конуса с отверстиями, в которых размещены основной и дополнительные патрубки, дренажную систему для отвода очищенной воды, устройство для регенерации, выполненное в виде цилиндрической обечайки с патрубком для отвода промывной воды, присоединенное к днищу и трубопровод для транспортирования регенерируемой загрузки [2].

Устройство по прототипу имеет те же недостатки, что и аналог. В основу изобретения поставлена задача усовершенствования фильтра для очистки воды, в котором за счет оптимизации его конструкции обеспечивается предотвращение уноса гранул фильтрующей загрузки с промывной водой, увеличение степени очистки воды от твердых частиц и от масел, снижение гидравлического сопротивления фильтра и за счет этого повышается качество очищенной воды и качество регенерации загрузки.

Поставленная задача решается тем, что в фильтре для очистки воды, содержащем корпус с крышкой и днищем, заполненный плавающей фильтрующей загрузкой, распределительное средство для подвода очищаемой воды, размещенное в верхней части корпуса, дренажную систему для отвода очищенной воды из средней части корпуса, патрубки с эжектором для вывода загрузки на регенерацию вмонтированные в крышку корпуса, устройство для регенерации, вы-

полненное в виде цилиндрической обечайки с патрубком для отвода промывной воды, присоединенное к днищу, и трубопровод для транспортирования регенерируемой загрузки, согласно изобретению верхняя часть обечайки снабжена конусом с углом при вершине  $90-120^\circ$ , при этом на поверхности обечайки на расстоянии от днища, равном  $0,45-0,70$  ее высоты выполнены прямоугольные отверстия, расположенные на равном расстоянии одно от другого, длина которых составляет  $1-1,4$  их высоты и равна  $0,18-0,32$  диаметра обечайки, общая площадь отверстий составляет  $0,23-0,51$  площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки, а диаметр патрубка для отвода промывной воды равен  $0,12-0,25$  диаметра обечайки.

Выполнение верхней части обечайки в виде конуса позволяет предотвратить унос гранул загрузки с промывной водой. При этом эффективность отделения гранул загрузки от промывной воды зависит в первую очередь от величины угла при вершине конуса. При оптимальной величине угла при вершине большая часть гранул загрузки должна задерживаться на конической поверхности обечайки, а затем, под действием гидростатических сил, всплывать в зону формирования загрузки. Если величина угла при вершине конуса меньше оптимальной, то большая часть гранул загрузки не будет задерживаться на конической поверхности, а вместе с потоком промывной воды попадет внутрь обечайки, а затем — в патрубок для отвода промывной воды, будет отлагаться в коленах трубопроводов и забивать их. Кроме того, это приведет к потере фильтрующего материала. Если величина угла при вершине конуса больше оптимальной, то ухудшаются условия обтекания конической части обечайки потоками промывной воды, увеличивается гидравлическое сопротивление фильтра. Это приводит к снижению производительности фильтра, росту количества загрязнений в воде после очистки и снижению степени очистки. Следовательно, предотвращение уноса гранул загрузки с промывной водой, минимальное гидравлическое сопротивление фильтра и максимальная степень очистки воды достигается лишь при оптимальной величине угла при вершине конической части обечайки.

На показатели работы фильтра влияет также конструкция цилиндрической части обечайки. Она должна обеспечивать удаление из фильтра промывной воды и задерживать гранулы плавающей загрузки, вносимые потоком промывной воды в нижнюю часть днища фильтра. Для удаления промывной воды

из фильтра в обечайке выполнены прямоугольные отверстия, размещенные рядами равномерно по боковой поверхности обечайки. Эффективное удаление промывной воды из фильтра и задержка гранул плавающей загрузки возможны лишь при определенных конструктивных особенностях обечайки. Таковыми являются наличие на части боковой поверхности обечайки отверстий определенной формы, их заданное расположение по боковой поверхности, определенные отношения: суммарной площади сечения отверстий к площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки; диаметра патрубка для отвода промывной воды к диаметру обечайки.

В случае, если максимальная высота расположения отверстий по поверхности обечайки будет больше оптимальной, часть гранул плавающей загрузки не будет задерживаться сплошной поверхностью обечайки, а через верхние отверстия будет увлекаться промывной водой внутрь обечайки. Если высота расположения отверстий будет меньше оптимальной, то это приведет к уменьшению толщины перемычек между отверстиями. При этом снизится гидравлическое сопротивление обечайки, а значит, возрастет гидродинамический напор, под действием которого часть гранул плавающей загрузки будет увлекаться промывной водой внутрь обечайки. Значит, для предотвращения уноса гранул с промывной водой необходимо, чтобы высота расположения прямоугольных отверстий по поверхности обечайки находилась в строго определенных пределах.

Если длина отверстий по отношению к диаметру обечайки будет больше оптимальной, то это также приведет к уменьшению перемычек между отверстиями, снижению гидравлического сопротивления обечайки, росту гидродинамического напора и, в конечном итоге, к попаданию гранул плавающей загрузки в промывную воду, выходящую из фильтра. Наоборот, если длина отверстий будет меньше оптимальной, увеличится гидравлическое сопротивление фильтра, снизится его производительность по удаляемым загрязнениям. При этом ухудшится степень очистки воды, так как увеличится содержание загрязнений в очищенной воде. Таким образом, для предотвращения уноса гранул, увеличения степени очистки и снижения гидравлического сопротивления фильтра необходимо рациональное отношение длины отверстий к диаметру обечайки.

Устойчивый гидравлический режим фильтра в целом достигается при строго оп-

ределенном соотношении геометрических размеров отверстий на поверхности обечайки, т.е. отношении длины отверстий к его высоте. Уменьшение или увеличение отношения длины отверстия к его высоте, выходящее за оптимальные пределы, приводит к росту гидравлического сопротивления фильтра, а это в конечном итоге снижает степень очистки. Следовательно, для снижения гидравлического сопротивления и повышения степени очистки воды необходимо оптимальное соотношение длины и высоты отверстий в обечайке.

Эффективность очистки воды в фильтре зависит от соотношения суммарной площади отверстий и площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки. Если это соотношение будет меньше оптимального, увеличится гидравлическое сопротивление фильтра и снизится степень очистки воды. Наоборот, если соотношение площадей будет больше оптимального, гидравлическое сопротивление обечайки снизится, что приведет к проникновению гранул плавающей загрузки в промывную воду, выходящую из фильтра. Таким образом, предотвращение уноса гранул, уменьшение гидравлического сопротивления и повышение степени очистки воды достигается лишь при определенном отношении суммарной площади отверстий к площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки.

Показатели работы фильтра определяются также отношением диаметра патрубка для отвода промывной воды к диаметру обечайки. Если это отношение будет мало, возрастает гидравлическое сопротивление фильтра за счет местных сопротивлений при входе потока промывной воды в патрубок. Следовательно, снижается степень очистки воды. Наоборот, если отношение диаметра патрубка к диаметру обечайки слишком велико, местные сопротивления на входе в патрубок снизятся, а гидравлический напор возрастает настолько, что станет возможным унос гранул плавающей загрузки с промывной водой. Значит, для достижения минимального гидравлического сопротивления, максимальной степени очистки и предотвращения уноса гранул, отношение диаметра патрубка для отвода промывной воды к диаметру обечайки должно находиться в строго определенных пределах.

Таким образом, каждый из отличительных признаков в отдельности способствует, а в совокупности они обеспечивают решение поставленной задачи: предотвращение уноса гранул фильтрующей загрузки с промывной водой, увеличение степени очистки воды от твердых частиц и от масел, сниже-

ние гидравлического сопротивления фильтра и за счет этого повышение качества очищенной воды и качества регенерации загрузки.

Перечень фигур чертежей.

Фиг. 1. Общий вид фильтра для очистки воды.

Фиг. 2. Цилиндрическая обечайка.

Фиг. 3. Технологическая схема работы батареи из двух фильтров.

Устройство фильтра для очистки воды представлено на фиг. 1. Корпус 1 фильтра имеет эллиптические крышку 2 и днище 3. В корпусе 1 фильтра располагается фильтрующая плавающая загрузка 4, представляющая собой зерна вспененного полистирола. В верхней части корпуса 1 находится система подвода очищаемой воды, состоящая из патрубка 5 и распределительного устройства 6. Распределительное устройство 6 выполнено в виде боковой поверхности усеченного конуса, обращенного большим основанием вверх. Поверхность распределительного устройства 6 имеет перфорацию в виде прямоугольных отверстий, площадь которых увеличивается в направлении снизу вверх. В крышке 2 корпуса 1 смонтирована система для отбора фильтрующей загрузки на регенерацию, включающая в себя патрубки 7 для отбора загрузки и эжектор 8 для подачи воды. В днище 3 корпуса 1 находится обечайка 9. В центр днища 5 вмонтирован патрубок 10 для отвода промывной воды. В средней части корпуса 1 находится также дренажная система 11 для отвода очищенной воды. В состав фильтра кроме того входят трубопровод для транспортирования регенерируемой загрузки 12 с задвижкой 13.

На фиг. 2 изображена цилиндрическая обечайка 9. Нижняя часть обечайки 9 выполнена цилиндрической, а верхняя — снабжена конусом 14. Угол  $\alpha$  при вершине конуса 14 составляет  $90-120^\circ$ . Нижняя часть боковой цилиндрической поверхности обечайки 9 имеет перфорацию в виде прямоугольных отверстий 15. Высота перфорированного участка  $h_1$  составляет  $0,45-0,75$  высоты  $H$  цилиндрической части обечайки. Длина отверстий "b" обечайки 9 составляет  $1-1,4$  их высоты  $h_2$  и равна  $0,18-0,32$  диаметра  $D$  обечайки. Общая площадь отверстий  $n \cdot b \cdot h_2$  составляет  $0,23-0,51$  площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки  $\Pi \cdot D \cdot W$ , где  $n$  — количество отверстий. Перфорационные отверстия 15 размещены равномерно по боковой поверхности обечайки, а геометрические центры отверстий в плане образуют правильный многоугольник, впи-

санный в окружность, являющуюся проекцией боковой поверхности обечайки, как показано в разрезах А-А и Б-Б.

В центр днища вмонтирован патрубок 10 для отвода промывной воды, диаметр которого  $d$  составляет  $0,12-0,25$  от диаметра обечайки  $D$ .

Фильтр работает следующим образом. В корпус 1 фильтра помещается фильтрующая плавающая загрузка 4. Затем корпус 1 заполняется водой до величины внутреннего давления  $0,6-0,8$  МПа ( $5-7$  ати). Очищаемая вода подается через патрубок 5 в верхнюю часть корпуса 1 фильтра и с помощью устройства 6 равномерно распределяется по сечению фильтра. Под действием гравитационной силы и гидродинамического напора, обусловленного разностью атмосферного и внутреннего давления в фильтре вода движется сверху вниз через слой фильтрующей плавающей загрузки 4. При этом происходит фильтрация воды, т.е. очистка ее от механических примесей и масел. Очищенная вода отводится с помощью дренажной системы 11. В процессе фильтрации загрузка 4 загрязняется механическими примесями и маслами, содержащимися в очищаемой воде. С целью регенерации загрузки 4 в эжектор 8 подается промывная вода, давление которой на  $0,1-0,2$  МПа ( $1-2$  ати) выше внутреннего давления в фильтре. В результате этого в патрубках 7 возникает разрежение, которое увлекает в них гранулы из верхних, наиболее загрязненных слоев фильтрующей загрузки 4. Вода из эжектора 8 вместе с зернами загрузки 4 поступает в трубопровод 12. Движение водо-пенополистирольной смеси в трубопроводе происходит в турбулентном режиме. При этом загрязненные гранулы отмываются промывной водой. Отмытые гранулы вместе с промывной водой поступают в нижнюю часть корпуса 1 фильтра, где происходит разделение компонентов смеси. Промывная вода под действием гравитационной силы и гидродинамического напора движется вниз и через отверстия 15 в обечайке 9 поступает в нижнюю часть днища 3 корпуса 1, где расположен патрубок 10 для отвода промывной воды. Конструкция обечайки 9 не позволяет потоком промывной воды, которая отводится из фильтров, увлекать за собой гранулы пенополистирола. Поэтому последние за счет гидростатической силы поднимаются вверх, так как их плотность ниже плотности воды, и образуют нижний слой плавающей фильтрующей загрузки. Таким образом, происходит непрерывное движение гранул снизу вверх, а очищаемой воды сверху вниз, т.е. фильтр



для очистки воды работает в режиме противотока.

В практике работы большинства промышленных предприятий для обеспечения требуемой производительности по исходной воде используют не один, а несколько фильтров. В этом случае целесообразно соединение фильтров в батарею с помощью технологических трубопроводов.

На фиг. 3 представлена технологическая схема работы батареи из двух таких фильтров I и II. Обвязка фильтров осуществляется с помощью технологических трубопроводов: промывной воды 10, очищенной воды 11, регенерации загрузки 12, подачи воды на эжекцию 16, очищаемой воды 17. Отличие представленной технологической схемы от режима работы одиночного фильтра состоит в том, что с помощью трубопроводов регенерации 12 и задвижек 13 (см. фиг. 1) осуществляется обмен гранулами пенополистирола между фильтрами I и II. Это позволяет увеличить время пребывания водопенополистирольной смеси в трубопроводах 12, что способствует повышению эффективности регенерации загрузки.

Приведенная технологическая схема позволяет также осуществлять промывку загрузки непосредственно в одном из фильтров. В этом случае один из аппаратов, например II, освобождается от загрузки. В фильтр I подаются потоки очищаемой воды 17 и воды на эжекцию 16, отводятся потоки очищенной воды II и водопенополистирольной смеси 12. Аппарат I работает в режиме фильтрации. В аппарат II подается водопенополистирольная смесь 12, а отводится промывная вода 10. Этот аппарат работает в режиме регенерации загрузки. Когда большая часть загрузки перейдет из аппарата I в аппарат II, направление потоков изменяют на противоположное, и т.д. Такая организация технологических потоков позволяет повысить ресурс работы загрузки до ее полной замены.

При использовании для очистки воды батареи из двух и более фильтров особо важное значение приобретает гидравлический режим работы фильтров. В этом случае правильный подбор гидравлического режима позволяет обеспечить не только высокую степень очистки воды, но и требуемое направление и производительность потоков в технологических трубопроводах. Кроме того, предотвращение уноса гранул плавающей загрузки с промывной водой является необходимым условием устойчивой работы батареи из нескольких фильтров с промывкой загрузки непосредственно в одном из фильтров, так как в противном случае резко

возрастают безвозвратные потери загрузки с промывной водой, а интенсивное отложение гранул в трубопроводе промывной воды делает практически невозможной нормальную эксплуатацию установки в целом. В связи с этим предлагаемая конструкция фильтра для очистки воды, позволяющая предотвратить унос гранул загрузки с промывной водой и обеспечить оптимальный гидравлический режим, эффективна не только в случае работы одного фильтра, но и при параллельной работе батареи из двух и более фильтров.

Испытания предложенного фильтра для очистки воды были проведены на установке водоподготовки цеха улавливания № 1 Мариупольского коксохимического завода. Очистке подвергали воду цикла первичных газовых холодильников с горизонтальным расположением трубок. Исходная вода загрязнена твердыми частицами (илы, фусы) в количестве 80–100 мг/л и маслами (нефтепродукты, смолы) в количестве 40–60 мг/л. Количество перерабатываемой загрязненной воды 90–110 м<sup>3</sup>/ч, ее температура 30–40°С.

Основные технические данные фильтра:

– диаметр, мм	3020
– высота, мм	7505
– рабочий объем, м <sup>3</sup>	32
– рабочее давление, МПа	0,6–0,8
– площадь фильтрования, м <sup>2</sup>	7,06
– скорость фильтрования, м/ч	12,7–15,6
– объем фильтрующей загрузки, м <sup>3</sup>	26
– относительный расход промывной воды, %	0,5–1,5
– масса без воды и загрузки, кг	8775
– фильтрующий материал –	

гранулы пенополистирола ПСВ-с

– крупность гранул, мм	2–5
– насыпная плотность гранул, кг/м <sup>3</sup>	155
– грязеемкость, кг/м <sup>3</sup>	60

Вначале исследовали влияние угла при вершине конической части обечайки  $\alpha$  на работу фильтра. В качестве показателей, характеризующих работу фильтра, здесь и далее использовали:

- гидравлическое сопротивление фильтра, КПа;
- содержание гранул пенополистирола в воде после промывки, г/л;
- степень очистки, % по твердым частицам и по маслам.

Полученные экспериментальные данные приведены в таблице 1.

Во всех опытах общая высота цилиндрической обечайки с конической крышкой 1000 мм, диаметр  $D = 800$  мм, длина прямоугольных отверстий в обечайке  $b = 200$  мм, их отношение к диаметру обечайки  $b/D = 0,25$ ; высота отверстий в обечайке  $h_2 = 150$  мм, отношение длины основания к высоте  $b/h_2 = 1,33$ , количество отверстий  $n = 16$ , площадь отверстия окна  $bh_2 = 0,03 \text{ м}^2$ , суммарная площадь отверстий окон  $n b h_2 = 0,48 \text{ м}^2$ , диаметр патрубка для отвода промывной воды  $d = 150$  мм, отношение  $d/D = 0,19$ .

Анализ данных табл. 1 показывает, что величина угла  $\alpha$  при вершине конической части обечайки менее  $90^\circ$  не обеспечивает эффективной задержки гранул плавающей загрузки на конической поверхности, и они проникают внутрь обечайки, а затем выносятся из фильтра вместе с промывной водой в количестве 9,1 г/л. Если угол  $\alpha$  при вершине конуса более  $120^\circ$ , то это нарушает гидравлический режим работы фильтра, вследствие чего снижается степень очистки воды по твердым частицам на 1,8%, по маслам на 0,7%. Таким образом, оптимальная величина угла при вершине конической части обечайки  $\alpha$  составляет  $90-120^\circ$ .

В таблице 2 приведены данные, обосновывающие правомерность выбора высоты перфорированной части боковой поверхности цилиндрической обечайки.

Во всех опытах угол при вершине обечайки  $\alpha = 120^\circ$ , общая высота обечайки с конической крышкой 1000 мм, диаметр  $D = 800$  мм, длина отверстия в обечайке  $b = 200$  мм, ее отношение к диаметру обечайки  $b/D = 0,25$ , высота отверстий  $h_2 = 150$  мм, отношение длины к высоте  $b/h_2 = 1,33$ , количество отверстий  $n = 16$ , площадь отверстия окна  $bh_2 = 0,03 \text{ м}^2$ , суммарная площадь отверстий окон  $n b h_2 = 0,48 \text{ м}^2$ , диаметр патрубка для отвода промывной воды  $d = 150$  мм, отношение  $d/D = 0,19$ ; отношение  $n b h_2 / P D H = 0,25$ .

Из представленных данных видно, что если отношение высоты нижнего перфорированного участка  $h_1$  к общей высоте цилиндрической части обечайки  $H$  составляет менее 0,45, то в промывную воду, выходящую из корпуса фильтра через патрубок в днище, попадают гранулы фильтрующей загрузки в количестве 1,9 г/л. Причиной этого является уменьшение толщины перемычек между отверстиями, в результате чего возрастает гидродинамический напор, под действием которого гранулы загрузки по-

падают внутрь обечайки вместе с промывной водой.

Если же отношение  $h_1/H$  превышает 0,70, то в промывную воду, выходящую из фильтра, также попадают гранулы загрузки в количестве 9,9 г/л. Связано это с тем, что в этом случае верхние отверстия располагаются в той части цилиндрической поверхности обечайки, которая должна задерживать гранулы загрузки. Вместо этого часть гранул беспрепятственно проникает внутрь обечайки через верхние отверстия. Хотя высота перфорированного участка и не оказывает влияния на степень очистки воды, эксплуатация фильтра в обоих рассмотренных случаях ( $h_1/H$  менее 0,45 и более 0,70) существенно осложняется вследствие попадания гранул загрузки в промывную воду. Таким образом, оптимальное отношение высоты перфорированного участка к общей высоте цилиндрической части обечайки  $h_1/H$  находится в пределах 0,45–0,70.

В таблице 3 приведены данные, обосновывающие правомерность выбора диапазона изменения длины "b" прямоугольных отверстий.

Во всех опытах угол при вершине обечайки  $\alpha = 120^\circ$ , общая высота обечайки с цилиндрической крышкой 1000 мм, диаметр обечайки  $D = 800$  мм, отношение  $b/h_2 = 1,33$ , диаметр патрубка для отвода промывной воды  $d = 150$  мм, отношение  $d/D = 0,19$ ; высота перфорированного участка  $h_1 = 0,70$  высоты цилиндрической части обечайки  $H$ .

Анализ 3 показывает, что при отношении длины отверстий  $b$  к диаметру обечайки  $D$  менее 0,18 увеличивается гидравлическое сопротивление фильтра с 71 до 80 кПа. Это приводит к снижению производительности фильтра по загрязнению, а в конечном итоге – к уменьшению степени очистки воды на 4,6 и 6,2% по твердым частицам и маслам соответственно. В случае, если  $b/D$  больше 0,32, гидравлическое сопротивление обечайки с тонкими перемычками между отверстиями становится меньше требуемой величины, что приводит к возрастанию гидродинамического напора. Вследствие этого гранулы загрузки увлекаются промывной водой внутрь обечайки, а затем в патрубок для отвода промывной воды в количестве 2,6 г/л. Следовательно, длина прямоугольных отверстий должна составлять 0,18–0,32 от диаметра обечайки.

Данные по обоснованию правомерности выбора диапазона изменения высоты  $h_2$  отверстий приведены в таблице 4.

Во всех опытах угол при вершине обечайки  $\alpha = 120^\circ$ , диаметр патрубка для отвода

промывной воды  $d = 150$  мм, общая высота обечайки с конической крышкой 1000 мм, диаметр обечайки  $D = 800$  мм, длина отверстий в обечайке  $b = 200$  мм, отношения  $d/D = 0,19$ ,  $h_1/H = 0,70$ ,  $b/D = 0,25$ .

Анализ таблицы 4 позволяет заключить, что при длине отверстия меньшей его высоты ( $b/h_2$  менее 1,0) возрастает гидравлическое сопротивление фильтра. Аналогичная картина наблюдается в случае, когда отношение  $b/h_2$  превышает 1,4. Связано это с возрастанием местных сопротивлений в узких отверстиях. В результате снижается производительность фильтра по загрязнению, что приводит к снижению степени очистки воды от твердых частиц на 1,0–8,1% и от масел на 0,3–2,8%. Следовательно, оптимальное отношение длины прямоугольных отверстий к их высоте составляет 1,0–1,4.

В таблице 5 приведены результаты исследований по обоснованию правомерности выбора диапазона изменения суммарной площади отверстий относительно площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки.

Во всех опытах угол при вершине конической части обечайки  $\alpha = 120^\circ$ , отношение высоты перфорированного участка  $h_1$  к общей высоте цилиндрической части обечайки  $H$  0,7, длина отверстий в обечайке 200 мм, высота – 150 мм, площадь одного отверстия  $0,03 \text{ м}^2$ , отношения  $b/D = 0,25$ ,  $d/D = 0,19$ .

Из данных таблицы 5 следует, что при суммарной площади отверстий менее 0,23 от площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки возрастает гидравлическое сопротивление фильтра на 10 кПа за счет роста местных сопротивлений сужению потоков промывной воды при входе внутрь обечайки. Это приводит к снижению производительности фильтра по загрязнению и уменьшению степени очистки воды на 3,8% от твердых частиц и на 0,3% от масел. Если же суммарная площадь отверстий превышает 0,50 от площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки, то гранулы плавающей загрузки попадают в количестве 8,2 г/л в промывную воду, выходящую из фильтра, вследствие роста гидродинамического напора. Следовательно, суммарная площадь отверстий в обечайке  $\pi b h_2$  должна составлять 0,23–0,50 от площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки ПДН.

В таблице 6 приведены данные экспериментов по обоснованию правомерности выбора диапазона изменения диаметра патрубка для отвода промывной воды относительно диаметра обечайки.

Во всех опытах угол при вершине конической обечайки  $\alpha = 120^\circ$ , высота перфорированного участка  $h_1$  составляет 0,7 от общей высоты цилиндрической части обечайки  $H$ , длина отверстий равна 0,25 диаметра обечайки  $D$ , а высота  $h_2 = 1,33b$ , общая площадь отверстий равна 0,25 площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки.

Из представленных данных видно, что в случае, когда диаметр патрубка для отвода промывной воды составляет менее 0,12 от диаметра обечайки, гидравлическое сопротивление фильтра возрастает на 3 кПа вследствие увеличения местных сопротивлений при входе потока промывной воды из внутренней части обечайки в патрубок. Это приводит к снижению степени очистки промывной воды от твердых частиц на 1,9% и от масел на 2,0%. Наоборот, если диаметр патрубка для отвода промывной воды составляет более 0,25 от диаметра обечайки, вместе с промывной водой из фильтра уносятся гранулы фильтрующей плавающей загрузки в количестве 9,3 г/л. Это связано со снижением ниже оптимальных величин местных сопротивлений сужению потока промывной воды при переходе увеличивается гидродинамический напор, под действием которого часть гранул загрузки выносятся из фильтра с потоками промывной воды. Таким образом, оптимальная величина диаметра патрубка для отвода промывной воды должна составлять 0,12–0,25 от диаметра обечайки.

В таблице 7 приведены сопоставительные данные работы предлагаемого фильтра и фильтра по прототипу. При этом в предлагаемом фильтре угол при вершине конической части обечайки составлял  $120^\circ$ , общая высота обечайки – 1000 мм, ее диаметр – 800 мм, высота перфорированного участка была 0,7 от высоты цилиндрической части обечайки, длина отверстий составляла 0,25 от диаметра обечайки, отношение длины отверстий к их высоте было 1,33; общая площадь отверстий составляла 0,25 от площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки, диаметр патрубка для отвода промывной воды 0,19 от диаметра обечайки.

В качестве прототипа исследовали работу фильтра под давлением ЕПМ7-ЗУ-02 по ТУ 26-01-995-86, изготовленного НПО "Пензхиммаш". Этот фильтр был разработан Донецким филиалом института ВНИПИЧерметэнергоочистка на основании изобретения по авторскому свидетельству № 1123131.

Из представленных в табл. 7 данных следует, что в сопоставимых условиях пред-

Таблица 4

Зависимость работы фильтра от отношения длины к высоте в отверстиях обечайки

Высота отверстий, $b$ , мм	Отношение длины к высоте отверстия, $b/h_2$	Площадь отверстия, $bh_2$ , $m^2$	Количество отверстий, $n$	Общая площадь отверстий, $nbh_2$ , $m^2$	Отношение общей площади отверстий к площади боковой поверхности цилиндрич. части обечайки, $nbh_2/ПДН$	Гидравлическое сопротивление фильтра, кПа	Степень очистки, %	
							от твердых частиц	от масел
222	0,9	0,0444	11	0,488	0,25	75	82,7	51,7
200	1,0	0,0400	12	0,480	0,25	71	83,7	52,0
167	1,2	0,0334	14	0,468	0,24	71	83,7	52,0
143	1,4	0,0286	17	0,486	0,25	71	83,7	52,0
133	1,5	0,0266	18	0,479	0,25	78	75,6	49,2

5656

20

Таблица 5

Влияние суммарной площади отверстий в обечайке на работу фильтра

Количество отверстий в обечайке, п	Общая площадь отверстий в обечай- ке, $\text{п} \text{лн}^2$ , $\text{м}^2$	Отношение общей площади отверстий к площади боковой по- верхности цилиндри- ческой части обечайки, $\text{п} \text{лн}^2 / \text{ПДН}$	Гидравли- ческое со- против- ление фильтра, кПа	Степень очистки, %		Содержание гранул пено- полистирола в промывной воде, г/л
				от твер- дых частиц	от ма- сел	
13	0,39	0,20	81	79,9	51,7	отсутствует
15	0,45	0,23	71	83,7	52,0	"
16	0,48	0,25	71	83,7	52,0	"
19	0,57	0,30	71	83,7	52,0	"
22	0,66	0,34	71	83,7	52,0	"
26	0,78	0,41	71	83,7	52,0	"
29	0,87	0,45	71	83,7	52,0	"
32	0,96	0,50	71	83,7	52,0	"
35	1,05	0,55	71	83,7	52,0	8,2

Таблица 6

Зависимость показателей работы фильтра от диаметра патрубка для отвода  
промывной воды

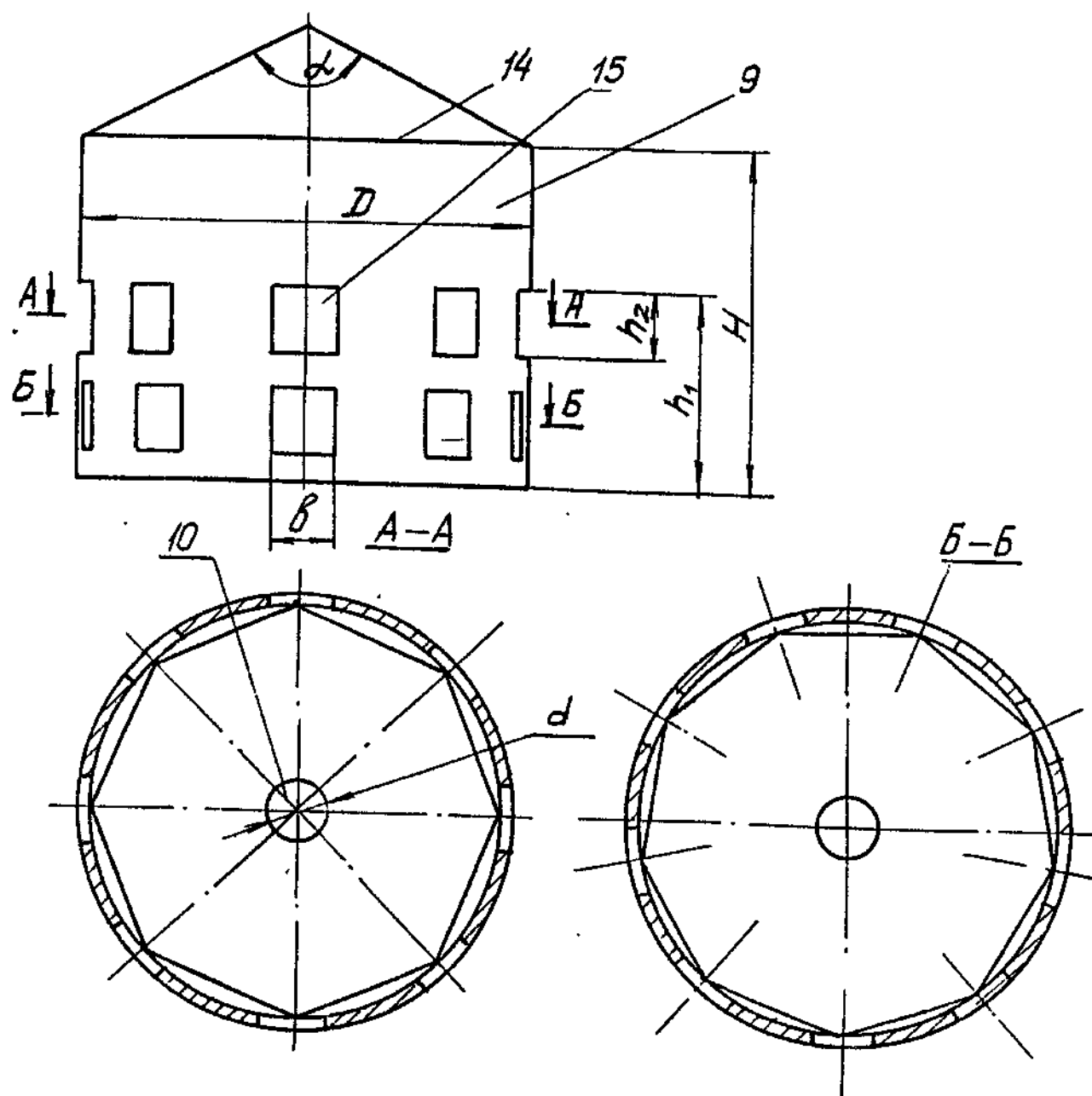
Диаметр патрубка для отвода промыв- ной воды d, мм	Отношение диамет- ров патрубка для отвода промывной воды и обечайки, $d/D$	Гидравличе- ское сопро- тивление фильтра, кПа	Степень очистки, %		Содержание гра- нул пенополи- стирола в промывной воде, г/л
			от твер- дых час- тиц	от ма- сел	
80	0,10	74	81,8	50,0	отсутствует
96	0,12	71	83,7	52,0	"
120	0,15	71	83,7	52,0	"
160	0,20	71	83,7	52,0	"
200	0,25	71	83,7	52,0	"
216	0,27	71	83,7	52,0	9,3

Таблица 7

Сопоставительная характеристика эффективности работы предлагаемого фильтра  
и прототипа

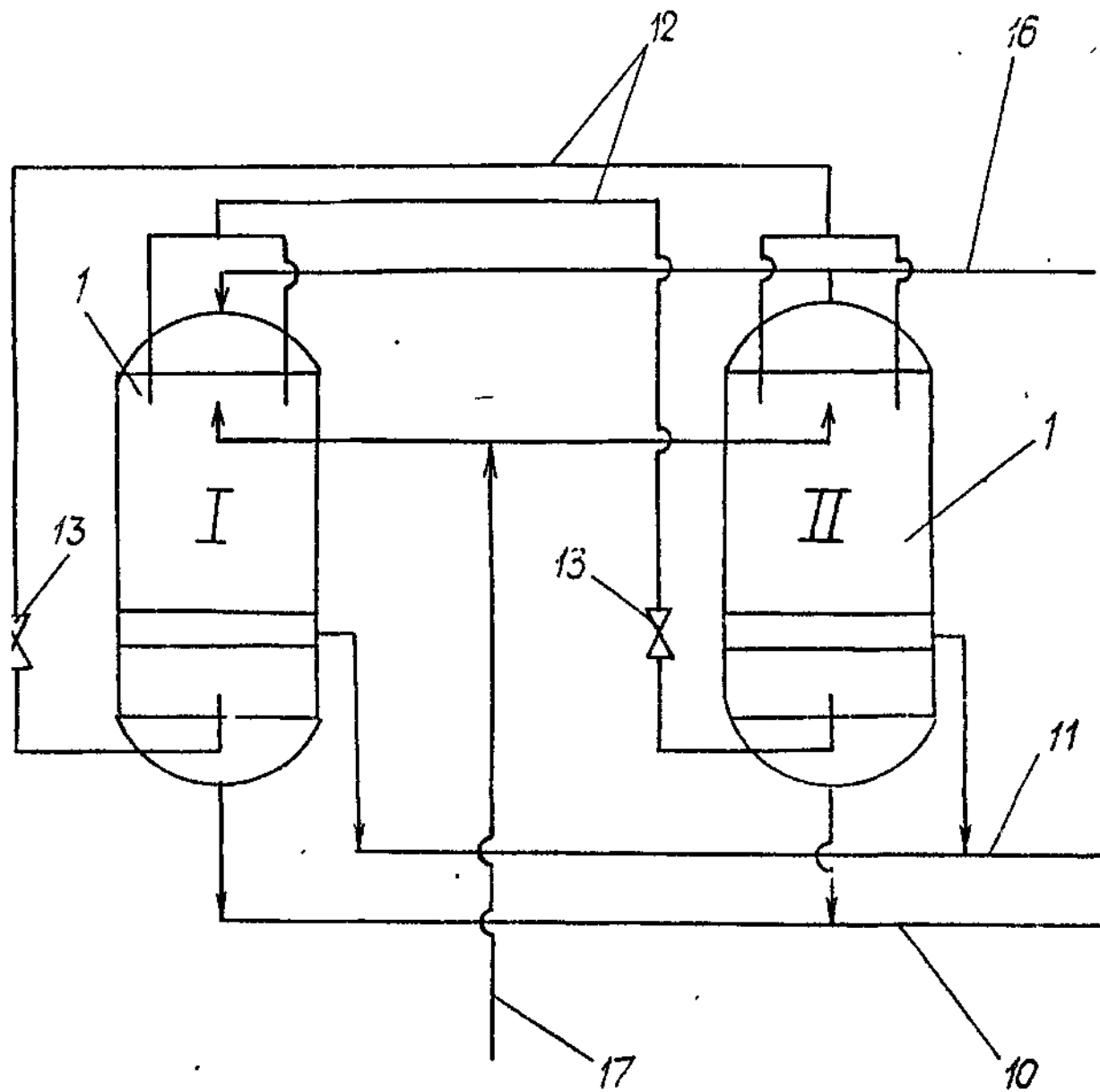
Показатели	Единица измерения	Предлагаемый фильтр	Прототип по а.с. № 1123131
Производительность по очищаемой воде	м <sup>3</sup> /ч	100	100
Содержание в исходной воде			
твердых частиц	мг/л	92	92
масел	"	50	50
Скорость фильтрования	м/ч	14,3	14,3
Содержание в фильтрованной воде	мг/л		
твердых частиц		15	17
масел		24	25
Степень очистки	%		
твердых частиц		83,7	81,5
масел		52,0	50,0
Гидравлическое сопротивление фильтра	кПа	71	71
Содержание гранул пенополистирола в воде после промывки	г/л	отсутствует	6,1





Фиг. 2





Фиг. 3

Упорядник В. Лаврушин

Техред М.Моргентал

Коректор Л. Лівінц

Замовлення 616

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Виробничо-видавничий комбінат "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101



из фильтра в обечайке выполнены прямоугольные отверстия, размещенные рядами равномерно по боковой поверхности обечайки. Эффективное удаление промывной воды из фильтра и задержка гранул плавающей загрузки возможны лишь при определенных конструктивных особенностях обечайки. Таковыми являются наличие на части боковой поверхности обечайки отверстий определенной формы, их заданное расположение по боковой поверхности, определенные отношения: суммарной площади сечения отверстий к площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки; диаметра патрубка для отвода промывной воды к диаметру обечайки.

В случае, если максимальная высота расположения отверстий по поверхности обечайки будет больше оптимальной, часть гранул плавающей загрузки не будет задерживаться сплошной поверхностью обечайки, а через верхние отверстия будет увлекаться промывной водой внутрь обечайки. Если высота расположения отверстий будет меньше оптимальной, то это приведет к уменьшению толщины перемычек между отверстиями. При этом снизится гидравлическое сопротивление обечайки, а значит, возрастет гидродинамический напор, под действием которого часть гранул плавающей загрузки будет увлекаться промывной водой внутрь обечайки. Значит, для предотвращения уноса гранул с промывной водой необходимо, чтобы высота расположения прямоугольных отверстий по поверхности обечайки находилась в строго определенных пределах.

Если длина отверстий по отношению к диаметру обечайки будет больше оптимальной, то это также приведет к уменьшению перемычек между отверстиями, снижению гидравлического сопротивления обечайки, росту гидродинамического напора и, в конечном итоге, к попаданию гранул плавающей загрузки в промывную воду, выходящую из фильтра. Наоборот, если длина отверстий будет меньше оптимальной, увеличится гидравлическое сопротивление фильтра, снизится его производительность по удаляемым загрязнениям. При этом ухудшится степень очистки воды, так как увеличится содержание загрязнений в очищенной воде. Таким образом, для предотвращения уноса гранул, увеличения степени очистки и снижения гидравлического сопротивления фильтра необходимо рациональное отношение длины отверстий к диаметру обечайки.

Устойчивый гидравлический режим фильтра в целом достигается при строго оп-

ределенном соотношении геометрических размеров отверстий на поверхности обечайки, т.е. отношении длины отверстий к его высоте. Уменьшение или увеличение отношения длины отверстия к его высоте, выходящее за оптимальные пределы, приводит к росту гидравлического сопротивления фильтра, а это в конечном итоге снижает степень очистки. Следовательно, для снижения гидравлического сопротивления и повышения степени очистки воды необходимо оптимальное соотношение длины и высоты отверстий в обечайке.

Эффективность очистки воды в фильтре зависит от соотношения суммарной площади отверстий и площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки. Если это соотношение будет меньше оптимального, увеличится гидравлическое сопротивление фильтра и снизится степень очистки воды. Наоборот, если соотношение площадей будет больше оптимального, гидравлическое сопротивление обечайки снизится, что приведет к проникновению гранул плавающей загрузки в промывную воду, выходящую из фильтра. Таким образом, предотвращение уноса гранул, уменьшение гидравлического сопротивления и повышение степени очистки воды достигается лишь при определенном отношении суммарной площади отверстий к площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки.

Показатели работы фильтра определяются также отношением диаметра патрубка для отвода промывной воды к диаметру обечайки. Если это отношение будет мало, возрастает гидравлическое сопротивление фильтра за счет местных сопротивлений при входе потока промывной воды в патрубок. Следовательно, снижается степень очистки воды. Наоборот, если отношение диаметра патрубка к диаметру обечайки слишком велико, местные сопротивления на входе в патрубок снизятся, а гидравлический напор возрастает настолько, что станет возможным унос гранул плавающей загрузки с промывной водой. Значит, для достижения минимального гидравлического сопротивления, максимальной степени очистки и предотвращения уноса гранул, отношение диаметра патрубка для отвода промывной воды к диаметру обечайки должно находиться в строго определенных пределах.

Таким образом, каждый из отличительных признаков в отдельности способствует, а в совокупности они обеспечивают решение поставленной задачи: предотвращение уноса гранул фильтрующей загрузки с промывной водой, увеличение степени очистки воды от твердых частиц и от масел, сниже-

ние гидравлического сопротивления фильтра и за счет этого повышение качества очищенной воды и качества регенерации загрузки.

Перечень фигур чертежей.

Фиг. 1. Общий вид фильтра для очистки воды.

Фиг. 2. Цилиндрическая обечайка.

Фиг. 3. Технологическая схема работы батареи из двух фильтров.

Устройство фильтра для очистки воды представлено на фиг. 1. Корпус 1 фильтра имеет эллиптические крышку 2 и днище 3. В корпусе 1 фильтра располагается фильтрующая плавающая загрузка 4, представляющая собой зерна вспененного полистирола. В верхней части корпуса 1 находится система подвода очищаемой воды, состоящая из патрубка 5 и распределительного устройства 6. Распределительное устройство 6 выполнено в виде боковой поверхности усеченного конуса, обращенного большим основанием вверх. Поверхность распределительного устройства 6 имеет перфорацию в виде прямоугольных отверстий, площадь которых увеличивается в направлении снизу вверх. В крышке 2 корпуса 1 смонтирована система для отбора фильтрующей загрузки на регенерацию, включающая в себя патрубки 7 для отбора загрузки и эжектор 8 для подачи воды. В днище 3 корпуса 1 находится обечайка 9. В центр днища 5 вмонтирован патрубок 10 для отвода промывной воды. В средней части корпуса 1 находится также дренажная система 11 для отвода очищенной воды. В состав фильтра кроме того входят трубопровод для транспортирования регенерируемой загрузки 12 с задвижкой 13.

На фиг. 2 изображена цилиндрическая обечайка 9. Нижняя часть обечайки 9 выполнена цилиндрической, а верхняя — снабжена конусом 14. Угол  $\alpha$  при вершине конуса 14 составляет  $90-120^\circ$ . Нижняя часть боковой поверхности цилиндрической обечайки 9 имеет перфорацию в виде прямоугольных отверстий 15. Высота перфорированного участка  $h_1$  составляет  $0,45-0,75$  высоты  $H$  цилиндрической части обечайки. Длина отверстий "b" обечайки 9 составляет  $1-1,4$  их высоты  $h_2$  и равна  $0,18-0,32$  диаметра  $D$  обечайки. Общая площадь отверстий  $n \cdot b \cdot h_2$  составляет  $0,23-0,51$  площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки  $\pi \cdot D \cdot W$ , где  $n$  — количество отверстий. Перфорационные отверстия 15 размещены равномерно по боковой поверхности обечайки, а геометрические центры отверстий в плане образуют правильный многоугольник, впи-

санный в окружность, являющуюся проекцией боковой поверхности обечайки, как показано в разрезах А-А и Б-Б.

В центр днища вмонтирован патрубок 10 для отвода промывной воды, диаметр которого  $d$  составляет  $0,12-0,25$  от диаметра обечайки  $D$ .

Фильтр работает следующим образом. В корпус 1 фильтра помещается фильтрующая плавающая загрузка 4. Затем корпус 1 заполняется водой до величины внутреннего давления  $0,6-0,8$  МПа ( $5-7$  ати). Очищаемая вода подается через патрубок 5 в верхнюю часть корпуса 1 фильтра и с помощью устройства 6 равномерно распределяется по сечению фильтра. Под действием гравитационной силы и гидродинамического напора, обусловленного разностью атмосферного и внутреннего давления в фильтре вода движется сверху вниз через слой фильтрующей плавающей загрузки 4. При этом происходит фильтрация воды, т.е. очистка ее от механических примесей и масел. Очищенная вода отводится с помощью дренажной системы 11. В процессе фильтрации загрузка 4 загрязняется механическими примесями и маслами, содержащимися в очищаемой воде. С целью регенерации загрузки 4 в эжектор 8 подается промывная вода, давление которой на  $0,1-0,2$  МПа ( $1-2$  ати) выше внутреннего давления в фильтре. В результате этого в патрубках 7 возникает разрежение, которое увлекает в них гранулы из верхних, наиболее загрязненных слоев фильтрующей загрузки 4. Вода из эжектора 8 вместе с зернами загрузки 4 поступает в трубопровод 12. Движение водо-пенополистирольной смеси в трубопроводе происходит в турбулентном режиме. При этом загрязненные гранулы отмываются промывной водой. Отмытые гранулы вместе с промывной водой поступают в нижнюю часть корпуса 1 фильтра, где происходит разделение компонентов смеси. Промывная вода под действием гравитационной силы и гидродинамического напора движется вниз и через отверстия 15 в обечайке 9 поступает в нижнюю часть днища 3 корпуса 1, где расположен патрубок 10 для отвода промывной воды. Конструкция обечайки 9 не позволяет потоком промывной воды, которая отводится из фильтров, увлечь за собой гранулы пенополистирола. Поэтому последние за счет гидростатической силы поднимаются вверх, так как их плотность ниже плотности воды, и образуют нижний слой плавающей фильтрующей загрузки. Таким образом, происходит непрерывное движение гранул снизу вверх, а очищаемой воды сверху вниз, т.е. фильтр

для очистки воды работает в режиме противотока.

В практике работы большинства промышленных предприятий для обеспечения требуемой производительности по исходной воде используют не один, а несколько фильтров. В этом случае целесообразно соединение фильтров в батарею с помощью технологических трубопроводов.

На фиг. 3 представлена технологическая схема работы батареи из двух таких фильтров I и II. Обвязка фильтров осуществляется с помощью технологических трубопроводов: промывной воды 10, очищенной воды 11, регенерации загрузки 12, подачи воды на эжекцию 16, очищаемой воды 17. Отличие представленной технологической схемы от режима работы одиночного фильтра состоит в том, что с помощью трубопроводов регенерации 12 и задвижек 13 (см. фиг. 1) осуществляется обмен гранулами пенополистирола между фильтрами I и II. Это позволяет увеличить время пребывания водопенополистирольной смеси в трубопроводах 12, что способствует повышению эффективности регенерации загрузки.

Приведенная технологическая схема позволяет также осуществлять промывку загрузки непосредственно в одном из фильтров. В этом случае один из аппаратов, например II, освобождается от загрузки. В фильтр I подаются потоки очищаемой воды 17 и воды на эжекцию 16, отводятся потоки очищенной воды II и водопенополистирольной смеси 12. Аппарат I работает в режиме фильтрации. В аппарат II подается водопенополистирольная смесь 12, а отводится промывная вода 10. Этот аппарат работает в режиме регенерации загрузки. Когда большая часть загрузки перейдет из аппарата I в аппарат II, направление потоков изменяют на противоположное, и т. д. Такая организация технологических потоков позволяет повысить ресурс работы загрузки до ее полной замены.

При использовании для очистки воды батареи из двух и более фильтров особо важное значение приобретает гидравлический режим работы фильтров. В этом случае правильный подбор гидравлического режима позволяет обеспечить не только высокую степень очистки воды, но и требуемое направление и производительность потоков в технологических трубопроводах. Кроме того, предотвращение уноса гранул плавающей загрузки с промывной водой является необходимым условием устойчивой работы батареи из нескольких фильтров с промывкой загрузки непосредственно в одном из фильтров, так как в противном случае резко

возрастают безвозвратные потери загрузки с промывной водой, а интенсивное отложение гранул в трубопроводе промывной воды делает практически невозможной нормальную эксплуатацию установки в целом. В связи с этим предлагаемая конструкция фильтра для очистки воды, позволяющая предотвратить унос гранул загрузки с промывной водой и обеспечить оптимальный гидравлический режим, эффективна не только в случае работы одного фильтра, но и при параллельной работе батареи из двух и более фильтров.

Испытания предложенного фильтра для очистки воды были проведены на установке водоподготовки цеха улавливания № 1 Мариупольского коксохимического завода. Очистке подвергали воду цикла первичных газовых холодильников с горизонтальным расположением труб. Исходная вода загрязнена твердыми частицами (илы, фусы) в количестве 80–100 мг/л и маслами (нефтепродукты, смолы) в количестве 40–60 мг/л. Количество перерабатываемой загрязненной воды 90–110 м<sup>3</sup>/ч, ее температура 30–40°C.

Основные технические данные фильтра:

– диаметр, мм	3020
– высота, мм	7505
– рабочий объем, м <sup>3</sup>	32
– рабочее давление, МПа	0,6–0,8
– площадь фильтрования, м <sup>2</sup>	7,06
– скорость фильтрования, м/ч	12,7–15,6
– объем фильтрующей загрузки, м <sup>3</sup>	26
– относительный расход промывной воды, %	0,5–1,5
– масса без воды и загрузки, кг	8775
– фильтрующий материал –	

гранулы пенополистирола ПСВ-с

– крупность гранул, мм	2–5
– насыпная плотность гранул, кг/м <sup>3</sup>	155
– грязеемкость, кг/м <sup>3</sup>	60

Вначале исследовали влияние угла при вершине конической части обечайки  $\alpha$  на работу фильтра. В качестве показателей, характеризующих работу фильтра, здесь и далее использовали:

- гидравлическое сопротивление фильтра, КПа;
- содержание гранул пенополистирола в воде после промывки, г/л,
- степень очистки, % по твердым частицам и по маслам.

Полученные экспериментальные данные приведены в таблице 1.

Во всех опытах общая высота цилиндрической обечайки с конической крышкой 1000 мм, диаметр  $D = 800$  мм, длина прямоугольных отверстий в обечайке  $b = 200$  мм, их отношение к диаметру обечайки  $b/D = 0,25$ ; высота отверстий в обечайке  $h_2 = 150$  мм, отношение длины основания к высоте  $b/h_2 = 1,33$ , количество отверстий  $n = 16$ , площадь отверстия окна  $bh_2 = 0,03$  м<sup>2</sup>, суммарная площадь отверстий окон  $n b h_2 = 0,48$  м<sup>2</sup>, диаметр патрубка для отвода промывной воды  $d = 150$  мм, отношение  $d/D = 0,19$ .

Анализ данных табл. 1 показывает, что величина угла  $\alpha$  при вершине конической части обечайки менее  $90^\circ$  не обеспечивает эффективной задержки гранул плавающей загрузки на конической поверхности, и они проникают внутрь обечайки, а затем выносятся из фильтра вместе с промывной водой в количестве 9,1 г/л. Если угол  $\alpha$  при вершине конуса более  $120^\circ$ , то это нарушает гидравлический режим работы фильтра, вследствие чего снижается степень очистки воды по твердым частицам на 1,8%, по маслам на 0,7%. Таким образом, оптимальная величина угла при вершине конической части обечайки  $\alpha$  составляет  $90-120^\circ$ .

В таблице 2 приведены данные, обосновывающие правомерность выбора высоты перфорированной части боковой поверхности цилиндрической обечайки.

Во всех опытах угол при вершине обечайки  $\alpha = 120^\circ$ , общая высота обечайки с конической крышкой 1000 мм, диаметр  $D = 800$  мм, длина отверстия в обечайке  $b = 200$  мм, ее отношение к диаметру обечайки  $b/D = 0,25$ , высота отверстий  $h_2 = 150$  мм, отношение длины к высоте  $b/h_2 = 1,33$ , количество отверстий  $n = 16$ , площадь отверстия окна  $bh_2 = 0,03$  м<sup>2</sup>, суммарная площадь отверстий окон  $n b h_2 = 0,48$  м<sup>2</sup>, диаметр патрубка для отвода промывной воды  $d = 150$  мм, отношение  $d/D = 0,19$ ; отношение  $n b h_2 / \pi D H = 0,25$ .

Из представленных данных видно, что если отношение высоты нижнего перфорированного участка  $h_1$  к общей высоте цилиндрической части обечайки  $H$  составляет менее 0,45, то в промывную воду, выходящую из корпуса фильтра через патрубок в днище, попадают гранулы фильтрующей загрузки в количестве 1,9 г/л. Причиной этого является уменьшение толщины перемычек между отверстиями, в результате чего возрастает гидродинамический напор, под действием которого гранулы загрузки по-

падают внутрь обечайки вместе с промывной водой.

Если же отношение  $h_1/H$  превышает 0,70, то в промывную воду, выходящую из фильтра, также попадают гранулы загрузки в количестве 9,9 г/л. Связано это с тем, что в этом случае верхние отверстия располагаются в той части цилиндрической поверхности обечайки, которая должна задерживать гранулы загрузки. Вместо этого часть гранул беспрепятственно проникает внутрь обечайки через верхние отверстия. Хотя высота перфорированного участка и не оказывает влияния на степень очистки воды, эксплуатация фильтра в обоих рассмотренных случаях ( $h_1/H$  менее 0,45 и более 0,70) существенно осложняется вследствие попадания гранул загрузки в промывную воду. Таким образом, оптимальное отношение высоты перфорированного участка к общей высоте цилиндрической части обечайки  $h_1/H$  находится в пределах 0,45–0,70.

В таблице 3 приведены данные, обосновывающие правомерность выбора диапазона изменения длины "b" прямоугольных отверстий.

Во всех опытах угол при вершине обечайки  $\alpha = 120^\circ$ , общая высота обечайки с цилиндрической крышкой 1000 мм, диаметр обечайки  $D = 800$  мм, отношение  $b/h_2 = 1,33$ , диаметр патрубка для отвода промывной воды  $d = 150$  мм, отношение  $d/D = 0,19$ ; высота перфорированного участка  $h_1 = 0,70$  высоты цилиндрической части обечайки  $H$ .

Анализ 3 показывает, что при отношении длины отверстий  $b$  к диаметру обечайки  $D$  менее 0,18 увеличивается гидравлическое сопротивление фильтра с 71 до 80 кПа. Это приводит к снижению производительности фильтра по загрязнению, а в конечном итоге – к уменьшению степени очистки воды на 4,6 и 6,2% по твердым частицам и маслам соответственно. В случае, если  $b/D$  больше 0,32, гидравлическое сопротивление обечайки с тонкими перемычками между отверстиями становится меньше требуемой величины, что приводит к возрастанию гидродинамического напора. Вследствие этого гранулы загрузки увлекаются промывной водой внутрь обечайки, а затем в патрубок для отвода промывной воды в количестве 2,6 г/л. Следовательно, длина прямоугольных отверстий должна составлять 0,18–0,32 от диаметра обечайки.

Данные по обоснованию правомерности выбора диапазона изменения высоты  $h_2$  отверстий приведены в таблице 4.

Во всех опытах угол при вершине обечайки  $\alpha = 120^\circ$ , диаметр патрубка для отвода

промывной воды  $d = 150$  мм, общая высота обечайки с конической крышкой 1000 мм, диаметр обечайки  $D = 800$  мм, длина отверстий в обечайке  $b = 200$  мм, отношения  $d/D = 0,19$ ,  $h_1/H = 0,70$ ,  $b/D = 0,25$ .

Анализ таблицы 4 позволяет заключить, что при длине отверстия меньшей его высоты ( $b/h_2$  менее 1,0) возрастает гидравлическое сопротивление фильтра. Аналогичная картина наблюдается в случае, когда отношение  $b/h_2$  превышает 1,4. Связано это с возрастанием местных сопротивлений в узких отверстиях. В результате снижается производительность фильтра по загрязнениям, что приводит к снижению степени очистки воды от твердых частиц на 1,0–8,1% и от масел на 0,3–2,8%. Следовательно, оптимальное отношение длины прямоугольных отверстий к их высоте составляет 1,0–1,4.

В таблице 5 приведены результаты исследований по обоснованию правомерности выбора диапазона изменения суммарной площади отверстий относительно площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки.

Во всех опытах угол при вершине конической части обечайки  $\alpha = 120^\circ$ , отношение высоты перфорированного участка  $h_1$  к общей высоте цилиндрической части обечайки  $H$  0,7, длина отверстий в обечайке 200 мм, высота – 150 мм, площадь одного отверстия  $0,03 \text{ м}^2$ , отношения  $b/D = 0,25$ ,  $d/D = 0,19$ .

Из данных таблицы 5 следует, что при суммарной площади отверстий менее 0,23 от площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки возрастает гидравлическое сопротивление фильтра на 10 кПа за счет роста местных сопротивлений сужению потоков промывной воды при входе внутрь обечайки. Это приводит к снижению производительности фильтра по загрязнениям и уменьшению степени очистки воды на 3,8% от твердых частиц и на 0,3% от масел. Если же суммарная площадь отверстий превышает 0,50 от площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки, то гранулы плавающей загрузки попадают в количестве 8,2 г/л в промывную воду, выходящую из фильтра, вследствие роста гидродинамического напора. Следовательно, суммарная площадь отверстий в обечайке  $\pi b h_2$  должна составлять 0,23–0,50 от площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки ПДН.

В таблице 6 приведены данные экспериментов по обоснованию правомерности выбора диапазона изменения диаметра патрубка для отвода промывной воды относительно диаметра обечайки.

Во всех опытах угол при вершине конической обечайки  $\alpha = 120^\circ$ , высота перфорированного участка  $h_1$  составляет 0,7 от общей высоты цилиндрической части обечайки  $H$ , длина отверстий равна 0,25 диаметра обечайки  $D$ , а высота  $h_2 = 1,33b$ , общая площадь отверстий равна 0,25 площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки.

Из представленных данных видно, что в случае, когда диаметр патрубка для отвода промывной воды составляет менее 0,12 от диаметра обечайки, гидравлическое сопротивление фильтра возрастает на 3 кПа вследствие увеличения местных сопротивлений при входе потока промывной воды из внутренней части обечайки в патрубок. Это приводит к снижению степени очистки промывной воды от твердых частиц на 1,9% и от масел на 2,0%. Наоборот, если диаметр патрубка для отвода промывной воды составляет более 0,25 от диаметра обечайки, вместе с промывной водой из фильтра уносятся гранулы фильтрующей плавающей загрузки в количестве 9,3 г/л. Это связано со снижением ниже оптимальных величин местных сопротивлений сужению потока промывной воды при переходе увеличивается гидродинамический напор, под действием которого часть гранул загрузки выносятся из фильтра с потоками промывной воды. Таким образом, оптимальная величина диаметра патрубка для отвода промывной воды должна составлять 0,12–0,25 от диаметра обечайки.

В таблице 7 приведены сопоставительные данные работы предлагаемого фильтра и фильтра по прототипу. При этом в предлагаемом фильтре угол при вершине конической части обечайки составлял  $120^\circ$ , общая высота обечайки – 1000 мм, ее диаметр – 800 мм, высота перфорированного участка была 0,7 от высоты цилиндрической части обечайки, длина отверстий составляла 0,25 от диаметра обечайки, отношение длины отверстий к их высоте было 1,33; общая площадь отверстий составляла 0,25 от площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки, диаметр патрубка для отвода промывной воды 0,19 от диаметра обечайки.

В качестве прототипа исследовали работу фильтра под давлением ЕПМ7-ЗУ-02 по ТУ 26-01-995-86, изготовленного НПО "Пензхиммаш". Этот фильтр был разработан Донецким филиалом института ВНИПИЧерметэнергочистка на основании изобретения по авторскому свидетельству № 1123131.

Из представленных в табл. 7 данных следует, что в сопоставимых условиях пред-

лагаемый фильтр обеспечивает более эффективную очистку воды. По сравнению с прототипом содержание в фильтрованной воде твердых частиц снижается на 2 мг/л, а масел — на 1 мг/л.

Степень очистки возрастает по твердым частицам на 2,2%, по маслам — на 2,0%. Это служит экспериментальным подтверждением эффективности применения для очистки воды предлагаемого фильтра по сравнению с прототипом.

Таблица 1

Влияние угла при вершине конуса обечайки на работу фильтра

Угол при вершине конуса обечайки $\alpha$ , град	Отношение высоты перфорированного участка к общей высоте цилиндрической части обечайки, $h_1/H$	Отношение общей площади отверстий к площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки, $\pi b h_2 / \pi D H$	Гидравлическое сопротивление фильтра, кПа	Степень очистки, %		Содержание гранул пенополистирола в воде после промывки, г/л
				от твердых частиц	от масел	
80	0,69	0,37	71	83,7	52,0	9 1
90	0,60	0,32	71	83,7	52,0	отсутствует
100	0,54	0,29	71	83,7	52,0	"
110	0,50	0,27	71	83,7	52,0	отсутствует
120	0,47	0,25	71	83,7	52,0	"
130	0,44	0,23	89	81,9	51 3	"

Таблица 2

Влияние высоты перфорированного участка обечайки на работу фильтра

Высота перфорированного участка обечайки от днища, $h_1$ , мм	Отношение высоты перфорированного участка к общей высоте цилиндрической части обечайки, $h_1/H$	Гидравлическое сопротивление фильтра, кПа	Содержание гранул пенополистирола в воде после промывки, г/л	Степень очистки, %	
				от твердых частиц	от масел
330	0,43	71	1,9	83,7	52,0
346	0,45	71	отсутствует	83,7	52,0
385	0,50	71	"	83,7	52,0
461	0,60	71	"	83,7	52,0
538	0,70	71	"	83,7	52,0
577	0,75	71	9,9	83,7	52,0



Таблица 3 17

Влияние длины отверстий в обечайке на работу фильтра

Длина отвер- стий, b, мм	Отношение длины отвер- стий к диа- метру обечайки, b/D	Высота отвер- стий, h <sub>2</sub> , мм	Количе- ство от- верстий, n	Площадь отвер- стия, bh <sub>2</sub> , м <sup>2</sup>	Суммарная площадь от- верстий, nbh <sub>2</sub> , м <sup>2</sup>	Отношение общей пло- щади отверстий к пло- щади боковой поверхности цилинд- рич. обечайки, nbh <sub>2</sub> /ПДН	Гидравличе- ское сопро- тивление фильтра, кПа	Степень очистки, %		Содержание гранул пено- полистирола в промывной воде, г/л
								от твер- дых час- тиц	от ма- сел	
120	0.15	90	44	0.0108	0.475	0.25	80	79.1	45.8	отсут.
144	0.18	108	31	0.0156	0.484	0.25	71	83.7	52.0	"
160	0.20	120	25	0.0192	0.480	0.25	71	83.7	52.0	"
200	0.25	150	16	0.0300	0.480	0.25	71	83.7	52.0	"
240	0.30	180	11	0.0432	0.475	0.25	71	83.7	52.0	"
256	0.32	192	10	0.0492	0.492	0.25	71	83.7	52.0	"
280	0.35	211	8	0.0473	0.473	0.25	71	83.7	52.0	2,6

5656

18

Таблица 4

Зависимость работы фильтра от отношения длины к высоте в отверстиях обечайки

Высота отверстий, b, мм	Отношение длины к высоте отверстия, $b/h_2$	Площадь отверстия, $bh_2$ , м <sup>2</sup>	Количество отверстий, n	Общая площадь отверстий, $nbh_2$ , м <sup>2</sup>	Отношение общей площади отверстий к площади боковой поверхности цилиндрич. части обечайки, $nbh_2/ПДН$	Гидравлическое сопротивление фильтра, кПа	Степень очистки, %	
							от твердых частиц	от масел
222	0,9	0,0444	11	0,488	0,25	75	82,7	51,7
200	1,0	0,0400	12	0,480	0,25	71	83,7	52,0
167	1,2	0,0334	14	0,468	0,24	71	83,7	52,0
143	1,4	0,0286	17	0,486	0,25	71	83,7	52,0
133	1,5	0,0266	18	0,479	0,25	78	75,6	49,2

5656

20

Таблица 5

Влияние суммарной площади отверстий в обечайке на работу фильтра

Количество отверстий в обечайке, п	Общая площадь отверстий в обечай- ке, $\text{пн}^2$ , $\text{м}^2$	Отношение общей площади отверстий к площади боковой по- верхности цилиндри- ческой части обечайки, $\text{пн}^2/\text{ПДН}$	Гидравли- ческое со- против- ление фильтра, кПа	Степень очистки, %		Содержание гранул пено- полистирола в промывной воде, г/л
				от твер- дых частиц	от ма- сел	
13	0,39	0,20	81	79,9	51,7	отсутствует
15	0,45	0,23	71	83,7	52,0	"
16	0,48	0,25	71	83,7	52,0	"
19	0,57	0,30	71	83,7	52,0	"
22	0,66	0,34	71	83,7	52,0	"
26	0,78	0,41	71	83,7	52,0	"
29	0,87	0,45	71	83,7	52,0	"
32	0,96	0,50	71	83,7	52,0	"
35	1,05	0,55	71	83,7	52,0	8,2

Таблица 6

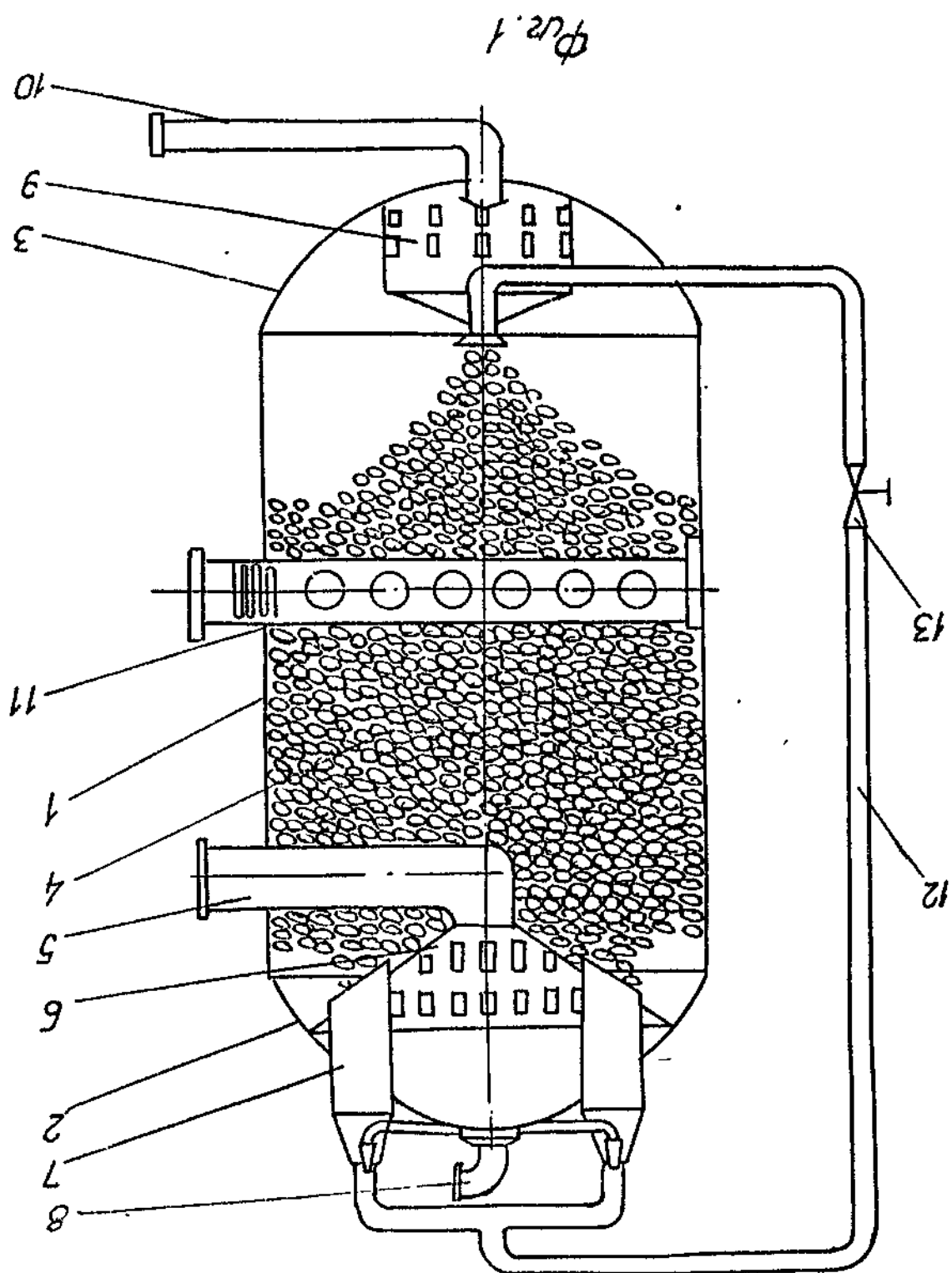
Зависимость показателей работы фильтра от диаметра патрубка для отвода промывной воды

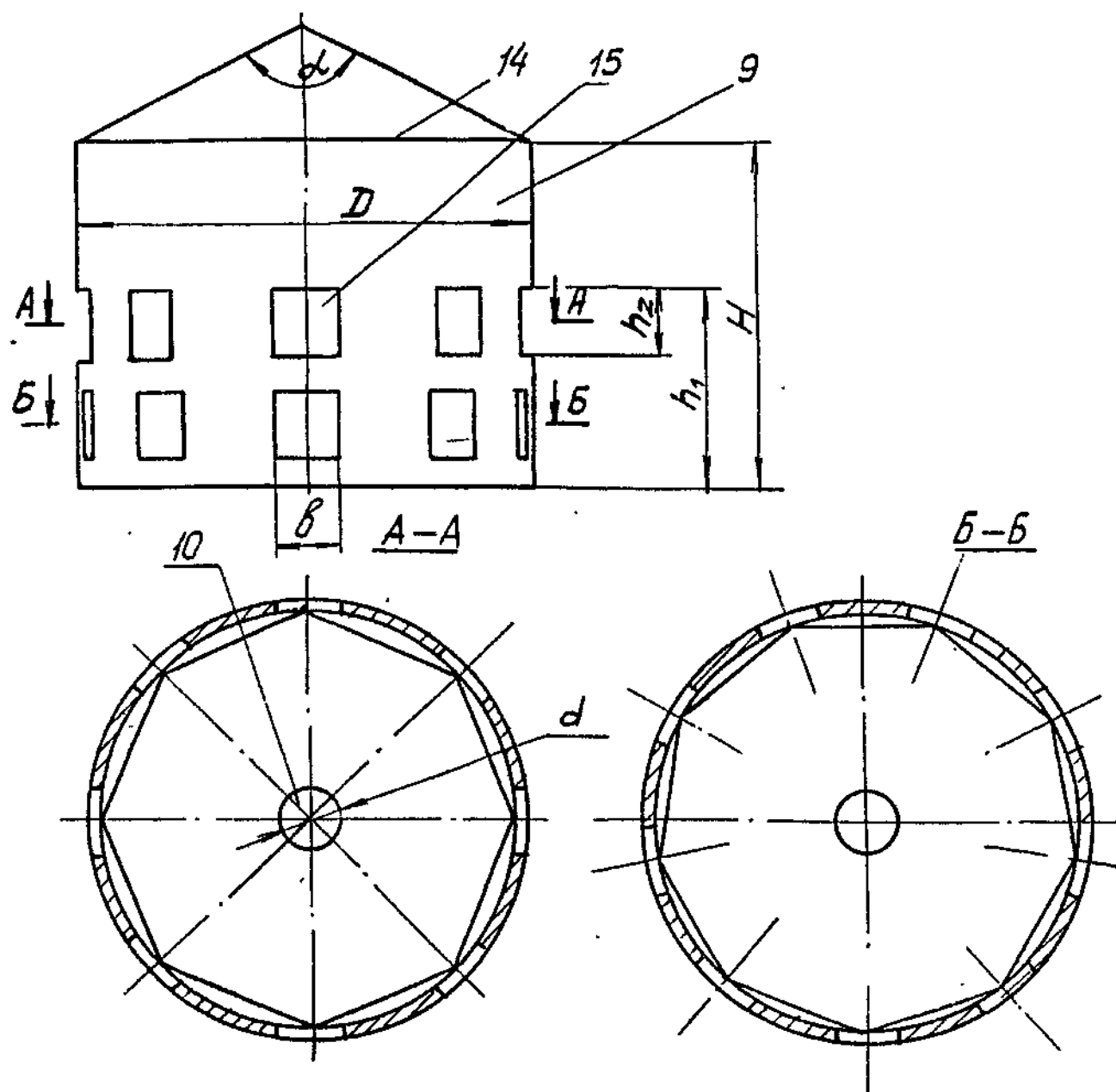
Диаметр патрубка для отвода промыв- ной воды d, мм	Отношение диамет- ров патрубка для отвода промывной воды и обечайки, $d/D$	Гидравличе- ское сопро- тивление фильтра, кПа	Степень очистки, %		Содержание гра- нул пенополи- стирола в промывной воде, г/л
			от твер- дых час- тиц	от ма- сел	
80	0,10	74	81,8	50,0	отсутствует
96	0,12	71	83,7	52,0	"
120	0,15	71	83,7	52,0	"
160	0,20	71	83,7	52,0	"
200	0,25	71	83,7	52,0	"
216	0,27	71	83,7	52,0	9,3

Таблица 7

Сопоставительная характеристика эффективности работы предлагаемого фильтра  
и прототипа

Показатели	Единица измерения	Предлагаемый фильтр	Прототип по а.с. № 1123131
Производительность по очищаемой воде	м <sup>3</sup> /ч	100	100
Содержание в исходной воде			
твердых частиц	мг/л	92	92
масел	"	50	50
Скорость фильтрования	м/ч	14,3	14,3
Содержание в фильтрованной воде	мг/л		
твердых частиц		15	17
масел		24	25
Степень очистки	%		
твердых частиц		83,7	81,5
масел		52,0	50,0
Гидравлическое сопротивление фильтра	кПа	71	71
Содержание гранул пенополистирола в воде после промывки	г/л	отсутствует	6,1





Фиг. 2



УКРАЇНА

(19) UA (11) 5656 (13) C1

(51) B 01 D 24/30

ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІД

(54) ФІЛЬТР ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

1

(21) 94020602  
 (22) 19.05.93  
 (31) 5042689  
 (32) 20.05.92  
 (33) RU  
 (46) 28.12.94. Бюл. № 7-І  
 (56) Авторское свидетельство СССР  
 № 786098, кл. В 01 D 24/10, 1980.  
 Авторское свидетельство СССР  
 № 1123131, кл. В 01 D 24/30, 1983 (прото-  
 тип).  
 (71) Маріупольський коксохімічний завод  
 (72) Лаврушин Валерій Іванович, Телешев  
 Юрій Володимирович, Олейніков Володи-  
 мир Васильович, Шульга Ігор Володимиро-  
 вич  
 (73) Маріупольський коксохімічний завод  
 (57) Фільтр для очистки воды, содержащий  
 корпус с крышкой и днищем, заполненный  
 плавающей фильтрующей загрузкой, рас-  
 пределительное средство для подвода очи-  
 щаемой воды, размещенное в верхней части

2

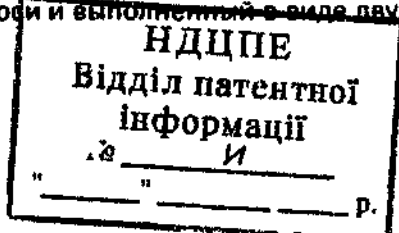
корпуса, дренажную систему для отвода  
 очищенной воды из средней части корпуса,  
 патрубки с эжектором для вывода загрузки  
 на регенерацию, вмонтированные в крышку  
 корпуса, устройство для регенерации, вы-  
 выполненное в виде цилиндрической обечай-  
 ки с патрубком для отвода промывной  
 воды, присоединенное к днищу, и трубоп-  
 ровод для транспортирования регенериру-  
 емой загрузки, о т л и ч а ю щ и с я т е м ,  
 что верхняя часть обечайки снабжена кону-  
 сом с углом при вершине 90–120°, при этом  
 на поверхности обечайки на расстоянии от  
 днища, равном 0,45–0,70 ее высоты выпол-  
 нены прямоугольные отверстия, располо-  
 женные на равном расстоянии одно от  
 другого, длина которых составляет 1–1,4 их  
 высоты и равна 0,18–0,32 диаметра обечай-  
 ки, общая площадь цилиндрической части  
 обечайки, а диаметр патрубка для отвода  
 промывной воды составляет 0,12–0,25 диа-  
 метра обечайки.

Изобретение относится к фильтрам для  
 очистки воды от взвешенных веществ и неф-  
 тепродуктов и может быть использовано в  
 металлургической, химической, горноруд-  
 ной промышленности и других областях на-  
 родного хозяйства.

Известен противоточный фильтр непре-  
 рывного действия, содержащий корпус с  
 крышкой и днищем, плавающей фильтрую-  
 щей загрузкой и патрубками для отвода про-  
 мывной воды и вывода загрузки на  
 регенерацию, распределитель исходной во-  
 ды, расположенный в верхней части корпуса  
 по его оси и выполненный в виде двух соос-

но установленных цилиндрических конусов, вер-  
 шины которых повернуты по оси фильтра  
 одна относительно другой на 180°, дренаж-  
 ную систему, трубопроводы гидрореагиро-  
 вки исходной и промывной воды, эжектор,  
 соединенный с трубопроводами гидропе-  
 регрузки и промывной воды и устройство  
 для регенерации, размещенное в нижней ча-  
 сти корпуса и выполненное в виде соосно  
 установленной обечайки с раструбом, в ко-  
 торой тангенциально подведен трубопровод  
 гидрореагировки [1]

Недостатками указанного устройства  
 являются невысокое качество очистки воды,



регенерации загрузки и унос гранул загрузки с промывной водой, потому что устройство для регенерации имеет малое гидравлическое сопротивление, обуславливающее высокую скорость промывной воды в этом устройстве, что в свою очередь повышает гидродинамический напор и является причиной уноса из фильтра большого количества гранул загрузки с промывной водой, которые отлагаются в трубопроводе промывной воды и являются безвозвратными потерями. Это приводит к ухудшению качества регенерации загрузки. Кроме того, уменьшение количества гранул загрузки в фильтре приводит к повышению удельной нагрузки по загрязнениям на фильтрующий материал и является причиной ухудшения качества очистки воды.

Наиболее близким по сущности и достигаемому эффекту к предлагаемому решению является фильтр для очистки воды непрерывного действия, содержащий корпус с крышкой и днищем, плавающую загрузку, патрубки с эжектором для вывода загрузки на регенерацию, распределительное средство с патрубком для подвода очищаемой воды, установленное в верхней части корпуса по его оси и выполненное в виде перфорированного обратного конуса с отверстиями, в которых размещены основной и дополнительные патрубки, дренажную систему для отвода очищенной воды, устройство для регенерации, выполненное в виде цилиндрической обечайки с патрубком для отвода промывной воды, присоединенное к днищу и трубопровод для транспортирования регенерируемой загрузки [2].

Устройство по прототипу имеет те же недостатки, что и аналог. В основу изобретения поставлена задача усовершенствования фильтра для очистки воды, в котором за счет оптимизации его конструкции обеспечивается предотвращение уноса гранул фильтрующей загрузки с промывной водой, увеличение степени очистки воды от твердых частиц и от масел, снижение гидравлического сопротивления фильтра и за счет этого повышается качество очищенной воды и качество регенерации загрузки.

Поставленная задача решается тем, что в фильтре для очистки воды, содержащем корпус с крышкой и днищем, заполненный плавающей фильтрующей загрузкой, распределительное средство для подвода очищаемой воды, размещенное в верхней части корпуса, дренажную систему для отвода очищенной воды из средней части корпуса, патрубки с эжектором для вывода загрузки на регенерацию вмонтированные в крышку корпуса, устройство для регенерации, вы-

полненное в виде цилиндрической обечайки с патрубком для отвода промывной воды, присоединенное к днищу, и трубопровод для транспортирования регенерируемой загрузки, согласно изобретению верхняя часть обечайки снабжена конусом с углом при вершине  $90-120^\circ$ , при этом на поверхности обечайки на расстоянии от днища, равном  $0,45-0,70$  ее высоты выполнены прямоугольные отверстия, расположенные на равном расстоянии одно от другого, длина которых составляет  $1-1,4$  их высоты и равна  $0,18-0,32$  диаметра обечайки, общая площадь отверстий составляет  $0,23-0,51$  площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки, а диаметр патрубка для отвода промывной воды равен  $0,12-0,25$  диаметра обечайки.

Выполнение верхней части обечайки в виде конуса позволяет предотвратить унос гранул загрузки с промывной водой. При этом эффективность отделения гранул загрузки от промывной воды зависит в первую очередь от величины угла при вершине конуса. При оптимальной величине угла при вершине большая часть гранул загрузки должна задерживаться на конической поверхности обечайки, а затем, под действием гидростатических сил, всплывать в зону формирования загрузки. Если величина угла при вершине конуса меньше оптимальной, то большая часть гранул загрузки не будет задерживаться на конической поверхности, а вместе с потоком промывной воды попадет внутрь обечайки, а затем – в патрубок для отвода промывной воды, будет отлагаться в коленях трубопроводов и забивать их. Кроме того, это приведет к потере фильтрующего материала. Если величина угла при вершине конуса больше оптимальной, то ухудшаются условия обтекания конической части обечайки потоками промывной воды, увеличивается гидравлическое сопротивление фильтра. Это приводит к снижению производительности фильтра, росту количества загрязнений в воде после очистки и снижению степени очистки. Следовательно, предотвращение уноса гранул загрузки с промывной водой, минимальное гидравлическое сопротивление фильтра и максимальная степень очистки воды достигается лишь при оптимальной величине угла при вершине конической части обечайки.

На показатели работы фильтра влияет также конструкция цилиндрической части обечайки. Она должна обеспечивать удаление из фильтра промывной воды и задерживать гранулы плавающей загрузки, вносимые потоком промывной воды в нижнюю часть днища фильтра. Для удаления промывной воды



из фильтра в обечайке выполнены прямоугольные отверстия, размещенные рядами равномерно по боковой поверхности обечайки. Эффективное удаление промывной воды из фильтра и задержка гранул плавающей загрузки возможны лишь при определенных конструктивных особенностях обечайки. Таковыми являются наличие на части боковой поверхности обечайки отверстий определенной формы, их заданное расположение по боковой поверхности, определенные отношения: суммарной площади сечения отверстий к площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки; диаметра патрубка для отвода промывной воды к диаметру обечайки.

В случае, если максимальная высота расположения отверстий по поверхности обечайки будет больше оптимальной, часть гранул плавающей загрузки не будет задерживаться сплошной поверхностью обечайки, а через верхние отверстия будет увлекаться промывной водой внутрь обечайки. Если высота расположения отверстий будет меньше оптимальной, то это приведет к уменьшению толщины перемычек между отверстиями. При этом снизится гидравлическое сопротивление обечайки, а значит, возрастет гидродинамический напор, под действием которого часть гранул плавающей загрузки будет увлекаться промывной водой внутрь обечайки. Значит, для предотвращения уноса гранул с промывной водой необходимо, чтобы высота расположения прямоугольных отверстий по поверхности обечайки находилась в строго определенных пределах.

Если длина отверстий по отношению к диаметру обечайки будет больше оптимальной, то это также приведет к уменьшению перемычек между отверстиями, снижению гидравлического сопротивления обечайки, росту гидродинамического напора и, в конечном итоге, к попаданию гранул плавающей загрузки в промывную воду, выходящую из фильтра. Наоборот, если длина отверстий будет меньше оптимальной, увеличится гидравлическое сопротивление фильтра, снизится его производительность по удаляемым загрязнениям. При этом ухудшится степень очистки воды, так как увеличится содержание загрязнений в очищенной воде. Таким образом, для предотвращения уноса гранул, увеличения степени очистки и снижения гидравлического сопротивления фильтра необходимо рациональное отношение длины отверстий к диаметру обечайки.

Устойчивый гидравлический режим фильтра в целом достигается при строго оп-

ределенном соотношении геометрических размеров отверстий на поверхности обечайки, т.е. отношении длины отверстий к его высоте. Уменьшение или увеличение отношения длины отверстия к его высоте, выходящее за оптимальные пределы, приводит к росту гидравлического сопротивления фильтра, а это в конечном итоге снижает степень очистки. Следовательно, для снижения гидравлического сопротивления и повышения степени очистки воды необходимо оптимальное соотношение длины и высоты отверстий в обечайке.

Эффективность очистки воды в фильтре зависит от соотношения суммарной площади отверстий и площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки. Если это соотношение будет меньше оптимального, увеличится гидравлическое сопротивление фильтра и снизится степень очистки воды. Наоборот, если соотношение площадей будет больше оптимального, гидравлическое сопротивление обечайки снизится, что приведет к проникновению гранул плавающей загрузки в промывную воду, выходящую из фильтра. Таким образом, предотвращение уноса гранул, уменьшение гидравлического сопротивления и повышение степени очистки воды достигается лишь при определенном отношении суммарной площади отверстий к площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки.

Показатели работы фильтра определяются также отношением диаметра патрубка для отвода промывной воды к диаметру обечайки. Если это отношение будет мало, возрастает гидравлическое сопротивление фильтра за счет местных сопротивлений при входе потока промывной воды в патрубок. Следовательно, снижается степень очистки воды. Наоборот, если отношение диаметра патрубка к диаметру обечайки слишком велико, местные сопротивления на входе в патрубок снизятся, а гидравлический напор возрастает настолько, что станет возможным унос гранул плавающей загрузки с промывной водой. Значит, для достижения минимального гидравлического сопротивления, максимальной степени очистки и предотвращения уноса гранул, отношение диаметра патрубка для отвода промывной воды к диаметру обечайки должно находиться в строго определенных пределах.

Таким образом, каждый из отличительных признаков в отдельности способствует, а в совокупности они обеспечивают решение поставленной задачи: предотвращение уноса гранул фильтрующей загрузки с промывной водой, увеличение степени очистки воды от твердых частиц и от масел, сниже-

ние гидравлического сопротивления фильтра и за счет этого повышение качества очищенной воды и качества регенерации загрузки.

Перечень фигур чертежей.

Фиг. 1. Общий вид фильтра для очистки воды.

Фиг. 2. Цилиндрическая обечайка.

Фиг. 3. Технологическая схема работы батареи из двух фильтров.

Устройство фильтра для очистки воды представлено на фиг. 1. Корпус 1 фильтра имеет эллиптические крышку 2 и днище 3. В корпусе 1 фильтра располагается фильтрующая плавающая загрузка 4, представляющая собой зерна вспененного полистирола. В верхней части корпуса 1 находится система подвода очищаемой воды, состоящая из патрубка 5 и распределительного устройства 6. Распределительное устройство 6 выполнено в виде боковой поверхности усеченного конуса, обращенного большим основанием вверх. Поверхность распределительного устройства 6 имеет перфорацию в виде прямоугольных отверстий, площадь которых увеличивается в направлении снизу вверх. В крышке 2 корпуса 1 смонтирована система для отбора фильтрующей загрузки на регенерацию, включающая в себя патрубки 7 для отбора загрузки и эжектор 8 для подачи воды. В днище 3 корпуса 1 находится обечайка 9. В центр днища 5 вмонтирован патрубок 10 для отвода промывной воды. В средней части корпуса 1 находится также дренажная система 11 для отвода очищенной воды. В состав фильтра кроме того входят трубопровод для транспортирования регенерируемой загрузки 12 с задвижкой 13.

На фиг. 2 изображена цилиндрическая обечайка 9. Нижняя часть обечайки 9 выполнена цилиндрической, а верхняя — снабжена конусом 14. Угол  $\alpha$  при вершине конуса 14 составляет  $90-120^\circ$ . Нижняя часть боковой цилиндрической поверхности обечайки 9 имеет перфорацию в виде прямоугольных отверстий 15. Высота перфорированного участка  $h_1$  составляет  $0,45-0,75$  высоты  $H$  цилиндрической части обечайки. Длина отверстий "b" обечайки 9 составляет  $1-1,4$  их высоты  $h_2$  и равна  $0,18-0,32$  диаметра  $D$  обечайки. Общая площадь отверстий  $n \cdot b \cdot h_2$  составляет  $0,23-0,51$  площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки  $\Pi \cdot D \cdot W$ , где  $n$  — количество отверстий. Перфорационные отверстия 15 размещены равномерно по боковой поверхности обечайки, а геометрические центры отверстий в плане образуют правильный многоугольник, впи-

санный в окружность, являющуюся проекцией боковой поверхности обечайки, как показано в разрезах А-А и Б-Б.

В центр днища вмонтирован патрубок 5 10 для отвода промывной воды, диаметр которого  $d$  составляет  $0,12-0,25$  от диаметра обечайки  $D$ .

Фильтр работает следующим образом. В корпус 1 фильтра помещается фильтрующая плавающая загрузка 4. Затем корпус 1 заполняется водой до величины внутреннего давления  $0,6-0,8$  МПа ( $5-7$  ати). Очищаемая вода подается через патрубок 5 в верхнюю часть корпуса 1 фильтра и с помощью устройства 6 равномерно распределяется по сечению фильтра. Под действием гравитационной силы и гидродинамического напора, обусловленного разностью атмосферного и внутреннего давления в фильтре вода движется сверху вниз через слой фильтрующей плавающей загрузки 4. При этом происходит фильтрация воды, т.е. очистка ее от механических примесей и масел. Очищенная вода отводится с помощью дренажной системы 11. В процессе фильтрации загрузка 4 загрязняется механическими примесями и маслами, содержащимися в очищаемой воде. С целью регенерации загрузки 4 в эжектор 8 подается промывная вода, давление которой на  $0,1-0,2$  МПа ( $1-2$  ати) выше внутреннего давления в фильтре. В результате этого в патрубках 7 возникает разрежение, которое увлекает в них гранулы из верхних, наиболее загрязненных слоев фильтрующей загрузки 4. Вода из эжектора 8 вместе с зернами загрузки 4 поступает в трубопровод 12. Движение водо-пенополистирольной смеси в трубопроводе происходит в турбулентном режиме. При этом загрязненные гранулы отмываются промывной водой. Отмытые гранулы вместе с промывной водой поступают в нижнюю часть корпуса 1 фильтра, где происходит разделение компонентов смеси. Промывная вода под действием гравитационной силы и гидродинамического напора движется вниз и через отверстия 15 в обечайке 9 поступает в нижнюю часть днища 3 корпуса 1, где расположен патрубок 10 для отвода промывной воды. Конструкция обечайки 9 не позволяет потоком промывной воды, которая отводится из фильтров, увлечь за собой гранулы пенополистирола. Поэтому последние за счет гидростатической силы поднимаются вверх, так как их плотность ниже плотности воды, и образуют нижний слой плавающей фильтрующей загрузки. Таким образом, происходит непрерывное движение гранул снизу вверх, а очищаемой воды сверху вниз, т.е. фильтр

для очистки воды работает в режиме противотока.

В практике работы большинства промышленных предприятий для обеспечения требуемой производительности по исходной воде используют не один, а несколько фильтров. В этом случае целесообразно соединение фильтров в батарею с помощью технологических трубопроводов.

На фиг. 3 представлена технологическая схема работы батареи из двух таких фильтров I и II. Обязка фильтров осуществляется с помощью технологических трубопроводов: промывной воды 10, очищенной воды 11, регенерации загрузки 12, подачи воды на эжекцию 16, очищаемой воды 17. Отличие представленной технологической схемы от режима работы одиночного фильтра состоит в том, что с помощью трубопроводов регенерации 12 и задвижек 13 (см. фиг. 1) осуществляется обмен гранулами пенополистирола между фильтрами I и II. Это позволяет увеличить время пребывания водопенополистирольной смеси в трубопроводах 12, что способствует повышению эффективности регенерации загрузки.

Приведенная технологическая схема позволяет также осуществлять промывку загрузки непосредственно в одном из фильтров. В этом случае один из аппаратов, например II, освобождается от загрузки. В фильтр I подаются потоки очищаемой воды 17 и воды на эжекцию 16, отводятся потоки очищенной воды II и водопенополистирольной смеси 12. Аппарат I работает в режиме фильтрации. В аппарат II подается водопенополистирольная смесь 12, а отводится промывная вода 10. Этот аппарат работает в режиме регенерации загрузки. Когда большая часть загрузки перейдет из аппарата I в аппарат II, направление потоков изменяют на противоположное, и т. д. Такая организация технологических потоков позволяет повысить ресурс работы загрузки до ее полной замены.

При использовании для очистки воды батареи из двух и более фильтров особо важное значение приобретает гидравлический режим работы фильтров. В этом случае правильный подбор гидравлического режима позволяет обеспечить не только высокую степень очистки воды, но и требуемое направление и производительность потоков в технологических трубопроводах. Кроме того, предотвращение уноса гранул плавающей загрузки с промывной водой является необходимым условием устойчивой работы батареи из нескольких фильтров с промывкой загрузки непосредственно в одном из фильтров, так как в противном случае резко

возрастают безвозвратные потери загрузки с промывной водой, а интенсивное отложение гранул в трубопроводе промывной воды делает практически невозможной нормальную эксплуатацию установки в целом. В связи с этим предлагаемая конструкция фильтра для очистки воды, позволяющая предотвратить унос гранул загрузки с промывной водой и обеспечить оптимальный гидравлический режим, эффективна не только в случае работы одного фильтра, но и при параллельной работе батареи из двух и более фильтров.

Испытания предложенного фильтра для очистки воды были проведены на установке водоподготовки цеха улавливания № 1 Мариупольского коксохимического завода. Очистке подвергали воду цикла первичных газовых холодильников с горизонтальным расположением трубок. Исходная вода загрязнена твердыми частицами (илы, фусы) в количестве 80–100 мг/л и маслами (нефтепродукты, смолы) в количестве 40–60 мг/л. Количество перерабатываемой загрязненной воды 90–110 м<sup>3</sup>/ч, ее температура 30–40°C.

Основные технические данные фильтра:

– диаметр, мм	3020
– высота, мм	7505
– рабочий объем, м <sup>3</sup>	32
– рабочее давление, МПа	0,6–0,8
– площадь фильтрования, м <sup>2</sup>	7,06
– скорость фильтрования, м/ч	12,7–15,6
– объем фильтрующей загрузки, м <sup>3</sup>	26
– относительный расход промывной воды, %	0,5–1,5
– масса без воды и загрузки, кг	8775
– фильтрующий материал	гранулы пенополистирола ПСВ-с
– крупность гранул, мм	2–5
– насыпная плотность гранул, кг/м <sup>3</sup>	155
– грязеемкость, кг/м <sup>3</sup>	60

Вначале исследовали влияние угла при вершине конической части обечайки  $\alpha$  на работу фильтра. В качестве показателей, характеризующих работу фильтра, здесь и далее использовали:

- гидравлическое сопротивление фильтра, КПа;
- содержание гранул пенополистирола в воде после промывки, г/л;
- степень очистки, % по твердым частицам и по маслам.

Полученные экспериментальные данные приведены в таблице 1.

Во всех опытах общая высота цилиндрической обечайки с конической крышкой 1000 мм, диаметр  $D = 800$  мм, длина прямоугольных отверстий в обечайке  $b = 200$  мм, их отношение к диаметру обечайки  $b/D = 0,25$ ; высота отверстий в обечайке  $h_2 = 150$  мм, отношение длины основания к высоте  $b/h_2 = 1,33$ , количество отверстий  $n = 16$ , площадь отверстия окна  $bh_2 = 0,03 \text{ м}^2$ , суммарная площадь отверстий окон  $n b h_2 = 0,48 \text{ м}^2$ , диаметр патрубка для отвода промывной воды  $d = 150$  мм, отношение  $d/D = 0,19$ .

Анализ данных табл. 1 показывает, что величина угла  $\alpha$  при вершине конической части обечайки менее  $90^\circ$  не обеспечивает эффективной задержки гранул плавающей загрузки на конической поверхности, и они проникают внутрь обечайки, а затем выносятся из фильтра вместе с промывной водой в количестве 9,1 г/л. Если угол  $\alpha$  при вершине конуса более  $120^\circ$ , то это нарушает гидравлический режим работы фильтра, вследствие чего снижается степень очистки воды по твердым частицам на 1,8%, по маслам на 0,7%. Таким образом, оптимальная величина угла при вершине конической части обечайки  $\alpha$  составляет  $90-120^\circ$ .

В таблице 2 приведены данные, обосновывающие правомерность выбора высоты перфорированной части боковой поверхности цилиндрической обечайки.

Во всех опытах угол при вершине обечайки  $\alpha = 120^\circ$ , общая высота обечайки с конической крышкой 1000 мм, диаметр  $D = 800$  мм, длина отверстия в обечайке  $b = 200$  мм, ее отношение к диаметру обечайки  $b/D = 0,25$ , высота отверстий  $h_2 = 150$  мм, отношение длины к высоте  $b/h_2 = 1,33$ , количество отверстий  $n = 16$ , площадь отверстия окна  $bh_2 = 0,03 \text{ м}^2$ , суммарная площадь отверстий окон  $n b h_2 = 0,48 \text{ м}^2$ , диаметр патрубка для отвода промывной воды  $d = 150$  мм, отношение  $d/D = 0,19$ ; отношение  $n b h_2 / \pi D H = 0,25$ .

Из представленных данных видно, что если отношение высоты нижнего перфорированного участка  $h_1$  к общей высоте цилиндрической части обечайки  $H$  составляет менее 0,45, то в промывную воду, выходящую из корпуса фильтра через патрубок в днище, попадают гранулы фильтрующей загрузки в количестве 1,9 г/л. Причиной этого является уменьшение толщины перемычек между отверстиями, в результате чего возрастает гидродинамический напор, под действием которого гранулы загрузки по-

падают внутрь обечайки вместе с промывной водой.

Если же отношение  $h_1/H$  превышает 0,70, то в промывную воду, выходящую из фильтра, также попадают гранулы загрузки в количестве 9,9 г/л. Связано это с тем, что в этом случае верхние отверстия располагаются в той части цилиндрической поверхности обечайки, которая должна задерживать гранулы загрузки. Вместо этого часть гранул беспрепятственно проникает внутрь обечайки через верхние отверстия. Хотя высота перфорированного участка и не оказывает влияния на степень очистки воды, эксплуатация фильтра в обоих рассмотренных случаях ( $h_1/H$  менее 0,45 и более 0,70) существенно осложняется вследствие попадания гранул загрузки в промывную воду. Таким образом, оптимальное отношение высоты перфорированного участка к общей высоте цилиндрической части обечайки  $h_1/H$  находится в пределах 0,45–0,70.

В таблице 3 приведены данные, обосновывающие правомерность выбора диапазона изменения длины "b" прямоугольных отверстий.

Во всех опытах угол при вершине обечайки  $\alpha = 120^\circ$ , общая высота обечайки с цилиндрической крышкой 1000 мм, диаметр обечайки  $D = 800$  мм, отношение  $b/h_2 = 1,33$ , диаметр патрубка для отвода промывной воды  $d = 150$  мм, отношение  $d/D = 0,19$ ; высота перфорированного участка  $h_1 = 0,70$  высоты цилиндрической части обечайки  $H$ .

Анализ 3 показывает, что при отношении длины отверстий  $b$  к диаметру обечайки  $D$  менее 0,18 увеличивается гидравлическое сопротивление фильтра с 71 до 80 кПа. Это приводит к снижению производительности фильтра по загрязнениям, а в конечном итоге – к уменьшению степени очистки воды на 4,6 и 6,2% по твердым частицам и маслам соответственно. В случае, если  $b/D$  больше 0,32, гидравлическое сопротивление обечайки с тонкими перемычками между отверстиями становится меньше требуемой величины, что приводит к возрастанию гидродинамического напора. Вследствие этого гранулы загрузки увлекаются промывной водой внутрь обечайки, а затем в патрубок для отвода промывной воды в количестве 2,6 г/л. Следовательно, длина прямоугольных отверстий должна составлять 0,18–0,32 от диаметра обечайки.

Данные по обоснованию правомерности выбора диапазона изменения высоты  $h_2$  отверстий приведены в таблице 4.

Во всех опытах угол при вершине обечайки  $\alpha = 120^\circ$ , диаметр патрубка для отвода

промывной воды  $d = 150$  мм, общая высота обечайки с конической крышкой 1000 мм, диаметр обечайки  $D = 800$  мм, длина отверстий в обечайке  $b = 200$  мм, отношения  $d/D = 0,19$ ,  $h_1/H = 0,70$ ,  $b/D = 0,25$ .

Анализ таблицы 4 позволяет заключить, что при длине отверстия меньшей его высоты ( $b/h_2$  менее 1,0) возрастает гидравлическое сопротивление фильтра. Аналогичная картина наблюдается в случае, когда отношение  $b/h_2$  превышает 1,4. Связано это с возрастанием местных сопротивлений в узких отверстиях. В результате снижается производительность фильтра по загрязнениям, что приводит к снижению степени очистки воды от твердых частиц на 1,0–8,1% и от масел на 0,3–2,8%. Следовательно, оптимальное отношение длины прямоугольных отверстий к их высоте составляет 1,0–1,4.

В таблице 5 приведены результаты исследований по обоснованию правомерности выбора диапазона изменения суммарной площади отверстий относительно площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки.

Во всех опытах угол при вершине конической части обечайки  $\alpha = 120^\circ$ , отношение высоты перфорированного участка  $h_1$  к общей высоте цилиндрической части обечайки  $H$  0,7, длина отверстий в обечайке 200 мм, высота – 150 мм, площадь одного отверстия  $0,03 \text{ м}^2$ , отношения  $b/D = 0,25$ ,  $d/D = 0,19$ .

Из данных таблицы 5 следует, что при суммарной площади отверстий менее 0,23 от площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки возрастает гидравлическое сопротивление фильтра на 10 кПа за счет роста местных сопротивлений сужению потоков промывной воды при входе внутрь обечайки. Это приводит к снижению производительности фильтра по загрязнениям и уменьшению степени очистки воды на 3,8% от твердых частиц и на 0,3% от масел. Если же суммарная площадь отверстий превышает 0,50 от площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки, то гранулы плавающей загрузки попадают в количестве 8,2 г/л в промывную воду, выходящую из фильтра, вследствие роста гидродинамического напора. Следовательно, суммарная площадь отверстий в обечайке  $\pi b h_2$  должна составлять 0,23–0,50 от площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки ПДН.

В таблице 6 приведены данные экспериментов по обоснованию правомерности выбора диапазона изменения диаметра патрубка для отвода промывной воды относительно диаметра обечайки.

Во всех опытах угол при вершине конической обечайки  $\alpha = 120^\circ$ , высота перфорированного участка  $h_1$  составляет 0,7 от общей высоты цилиндрической части обечайки  $H$ , длина отверстий равна 0,25 диаметра обечайки  $D$ , а высота  $h_2 = 1,33b$ , общая площадь отверстий равна 0,25 площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки.

Из представленных данных видно, что в случае, когда диаметр патрубка для отвода промывной воды составляет менее 0,12 от диаметра обечайки, гидравлическое сопротивление фильтра возрастает на 3 кПа вследствие увеличения местных сопротивлений при входе потока промывной воды из внутренней части обечайки в патрубок. Это приводит к снижению степени очистки промывной воды от твердых частиц на 1,9% и от масел на 2,0%. Наоборот, если диаметр патрубка для отвода промывной воды составляет более 0,25 от диаметра обечайки, вместе с промывной водой из фильтра уносятся гранулы фильтрующей плавающей загрузки в количестве 9,3 г/л. Это связано со снижением ниже оптимальных величин местных сопротивлений сужению потока промывной воды при переходе увеличивается гидродинамический напор, под действием которого часть гранул загрузки выносятся из фильтра с потоками промывной воды. Таким образом, оптимальная величина диаметра патрубка для отвода промывной воды должна составлять 0,12–0,25 от диаметра обечайки.

В таблице 7 приведены сопоставительные данные работы предлагаемого фильтра и фильтра по прототипу. При этом в предлагаемом фильтре угол при вершине конической части обечайки составлял  $120^\circ$ , общая высота обечайки – 1000 мм, ее диаметр – 800 мм, высота перфорированного участка была 0,7 от высоты цилиндрической части обечайки, длина отверстий составляла 0,25 от диаметра обечайки, отношение длины отверстий к их высоте было 1,33; общая площадь отверстий составляла 0,25 от площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки, диаметр патрубка для отвода промывной воды 0,19 от диаметра обечайки.

В качестве прототипа исследовали работу фильтра под давлением ЕПМ7-ЗУ-02 по ТУ 26-01-995-86, изготовленного НПО "Пензхиммаш". Этот фильтр был разработан Донецким филиалом института ВНИПЧерметэнергоочистка на основании изобретения по авторскому свидетельству № 1123131.

Из представленных в табл. 7 данных следует, что в сопоставимых условиях пред-

лагаемый фильтр обеспечивает более эффективную очистку воды. По сравнению с прототипом содержание в фильтрованной воде твердых частиц снижается на 2 мг/л, а масел – на 1 мг/л.

Степень очистки возрастает по твердым частицам на 2,2%, по маслам – на 2,0%. Это служит экспериментальным подтверждением эффективности применения для очистки воды предлагаемого фильтра по сравнению с прототипом.

Таблица 1

Влияние угла при вершине конуса обечайки на работу фильтра

Угол при вершине конуса обечайки $\alpha$ , град.	Отношение высоты перфорированного участка к общей высоте цилиндрической части обечайки, $h_1/H$	Отношение общей площади отверстий к площади боковой поверхности цилиндрической части обечайки, $\pi b h_2 / \pi D H$	Гидравлическое сопротивление фильтра, кПа	Степень очистки, %		Содержание гранул пенополистирола в воде после промывки, г/л
				от твердых частиц	от масел	
80	0,69	0,37	71	83,7	52,0	9,1
90	0,60	0,32	71	83,7	52,0	отсутствует
100	0,54	0,29	71	83,7	52,0	"
110	0,50	0,27	71	83,7	52,0	отсутствует
120	0,47	0,25	71	83,7	52,0	"
130	0,44	0,23	89	81,9	51,3	"

Таблица 2

Влияние высоты перфорированного участка обечайки на работу фильтра

Высота перфорированного участка обечайки от дна, $h_1$ , мм	Отношение высоты перфорированного участка к общей высоте цилиндрической части обечайки, $h_1/H$	Гидравлическое сопротивление фильтра, кПа	Содержание гранул пенополистирола в воде после промывки, г/л	Степень очистки, %	
				от твердых частиц	от масел
330	0,43	71	1,9	83,7	52,0
346	0,45	71	отсутствует	83,7	52,0
385	0,50	71	"	83,7	52,0
461	0,60	71	"	83,7	52,0
538	0,70	71	"	83,7	52,0
577	0,75	71	9,9	83,7	52,0

Таблица 3 17

Влияние длины отверстий в обечайке на работу фильтра

Длина отвер- стий, b, мм	Отношение длины отвер- стий к диа- метру обечайки, b/D	Высота отвер- стий, h <sub>2</sub> , мм	Количе- ство от- верстий, n	Площадь отвер- стия, bh <sub>2</sub> , м <sup>2</sup>	Суммарная площадь от- верстий, nbh <sub>2</sub> , м <sup>2</sup>	Отношение общей пло- щади отверстий к пло- щади боковой поверхности цилинд- рич. обечайки, nbh <sub>2</sub> /ПДН	Гидравличе- ское сопро- тивление фильтра, кПа	Степень очистки, %		Содержание гранул пено- полистирола в промывной воде, г/л
								от твер- дых час- тиц	от ма- сел	
120	0,15	90	44	0,0108	0,475	0,25	80	79,1	45,8	отсут.
144	0,18	108	31	0,0156	0,484	0,25	71	83,7	52,0	"
160	0,20	120	25	0,0192	0,480	0,25	71	83,7	52,0	"
200	0,25	150	16	0,0300	0,480	0,25	71	83,7	52,0	"
240	0,30	180	11	0,0432	0,475	0,25	71	83,7	52,0	"
256	0,32	192	10	0,0492	0,492	0,25	71	83,7	52,0	"
280	0,35	211	8	0,0473	0,473	0,25	71	83,7	52,0	2,6

5656

18

Таблица 4 19

Зависимость работы фильтра от отношения длины к высоте в отверстиях обечайки

Высота от- верстий, в, мм	Отношение длины к вы- соте отвер- стия, $b/h_2$	Площадь отверстия, $bh_2, \text{м}^2$	Количество отверстий, п	Общая площадь отверстий, $nbh_2, \text{м}^2$	Отношение общей площади отверстий к площади боковой поверхности цилинд- рич. части обечайки, $nbh_2/ПДН$	Гидравлическое сопротивление фильтра, кПа	Степень очистки, %	
							от твердых частиц	от масел
222	0,9	0,0444	11	0,488	0,25	75	82,7	51,7
200	1,0	0,0400	12	0,480	0,25	71	83,7	52,0
167	1,2	0,0334	14	0,468	0,24	71	83,7	52,0
143	1,4	0,0286	17	0,486	0,25	71	83,7	52,0
133	1,5	0,0266	18	0,479	0,25	78	75,6	49,2

5656

20



Таблица 5

Влияние суммарной площади отверстий в обечайке на работу фильтра

Количество отверстий в обечайке, п	Общая площадь отверстий в обечай- ке, $\text{пф}_2$ , $\text{м}^2$	Отношение общей площади отверстий к площади боковой по- верхности цилиндри- ческой части обечайки, $\text{пф}_2/\text{ПДН}$	Гидравли- ческое со- против- ление фильтра, кПа	Степень очистки, %		Содержание гранул пено- полистирола в промывной воде, г/л
				от твер- дых частиц	от ма- сел	
13	0,39	0,20	81	79,9	51,7	отсутствует
15	0,45	0,23	71	83,7	52,0	"
16	0,48	0,25	71	83,7	52,0	"
19	0,57	0,30	71	83,7	52,0	"
22	0,66	0,34	71	83,7	52,0	"
26	0,78	0,41	71	83,7	52,0	"
29	0,87	0,45	71	83,7	52,0	"
32	0,96	0,50	71	83,7	52,0	"
35	1,05	0,55	71	83,7	52,0	8,2

Таблица 6

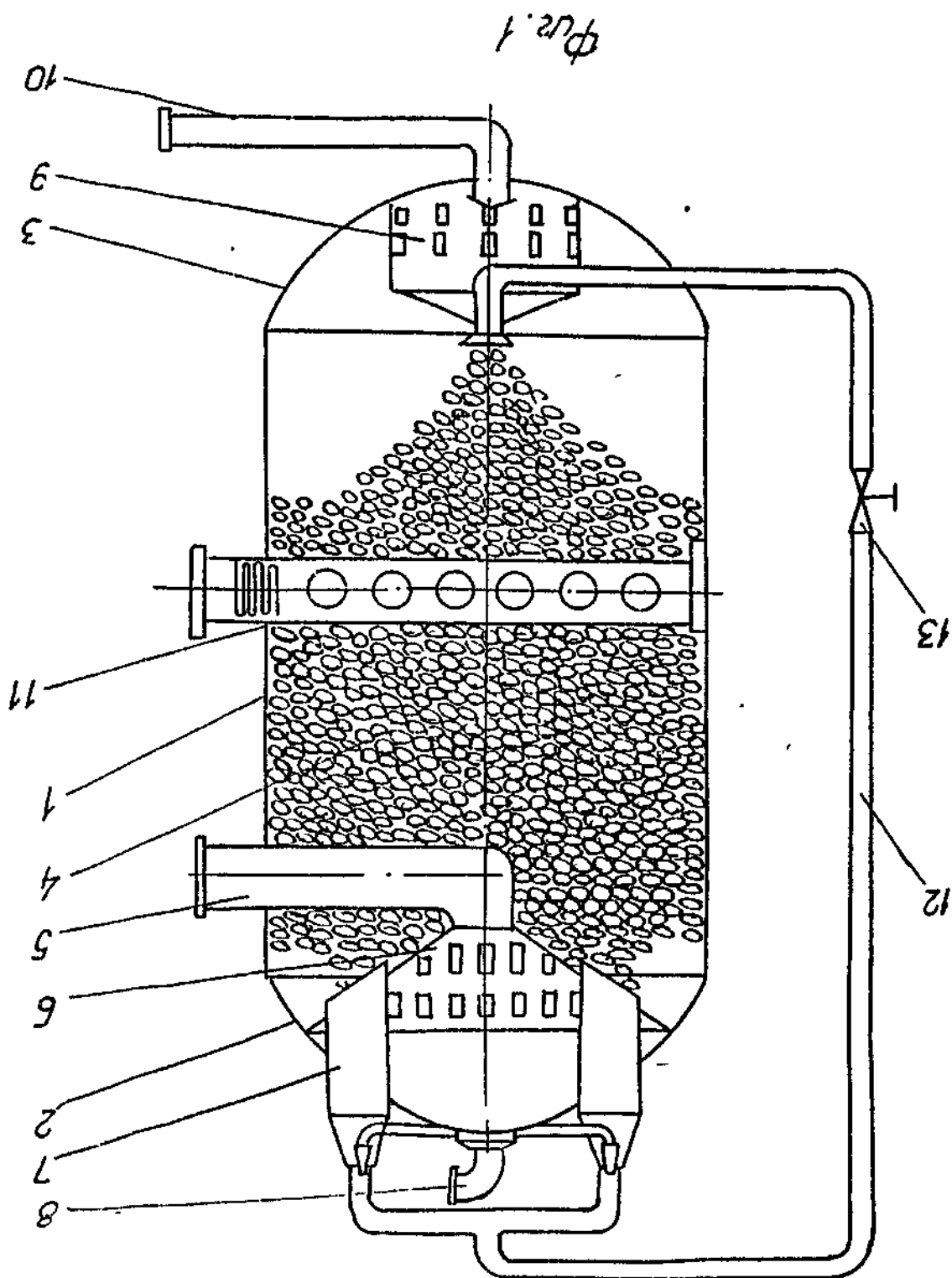
Зависимость показателей работы фильтра от диаметра патрубка для отвода промывной воды

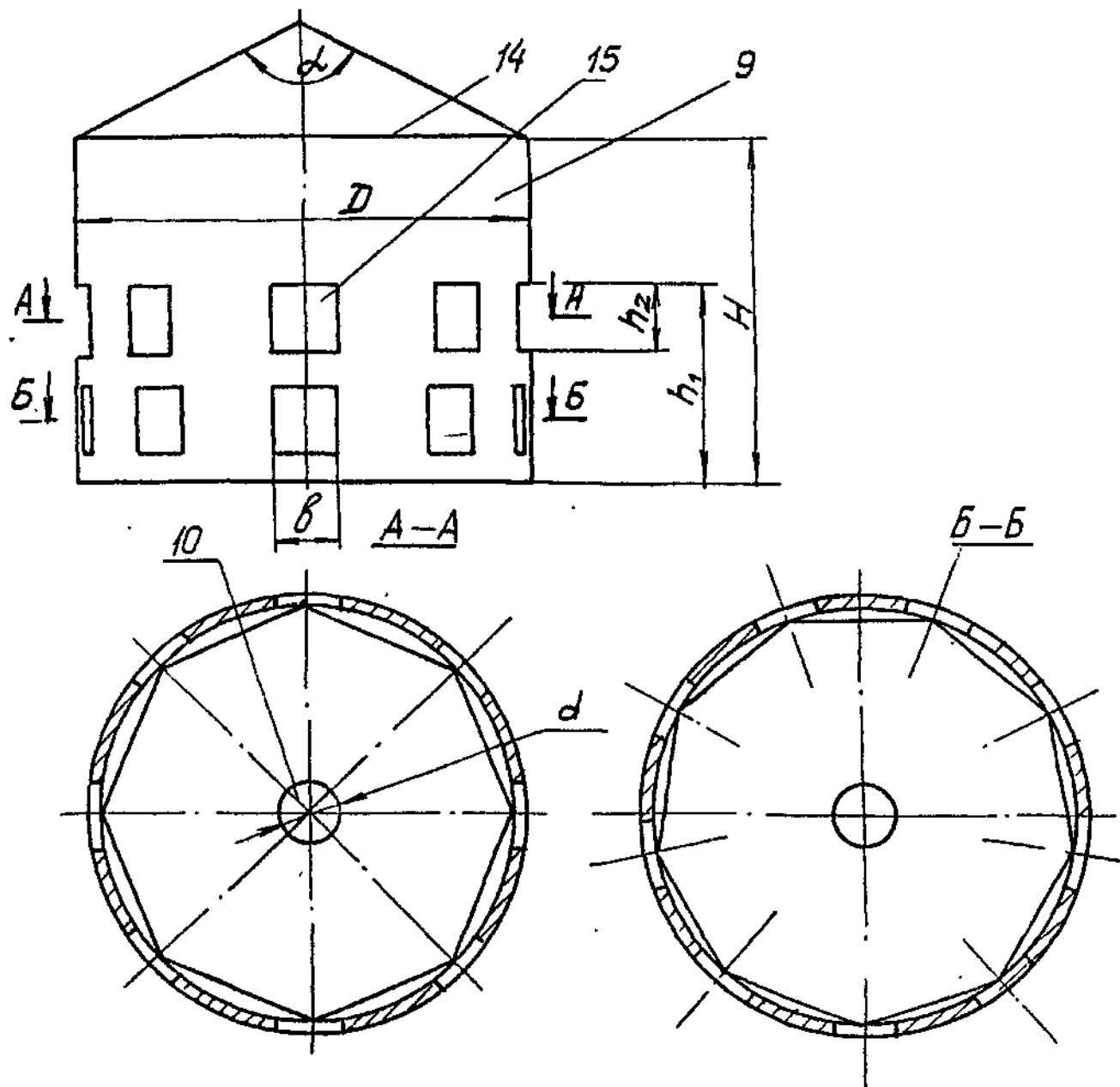
Диаметр патрубка для отвода промыв- ной воды d, мм	Отношение диамет- ров патрубка для отвода промывной воды и обечайки, $d/D$	Гидравличе- ское сопро- тивление фильтра, кПа	Степень очистки, %		Содержание гра- нул пенополи- стирола в промывной воде, г/л
			от твер- дых час- тиц	от ма- сел	
80	0,10	74	81,8	50,0	отсутствует
96	0,12	71	83,7	52,0	"
120	0,15	71	83,7	52,0	"
160	0,20	71	83,7	52,0	"
200	0,25	71	83,7	52,0	"
216	0,27	71	83,7	52,0	9,3

Таблица 7

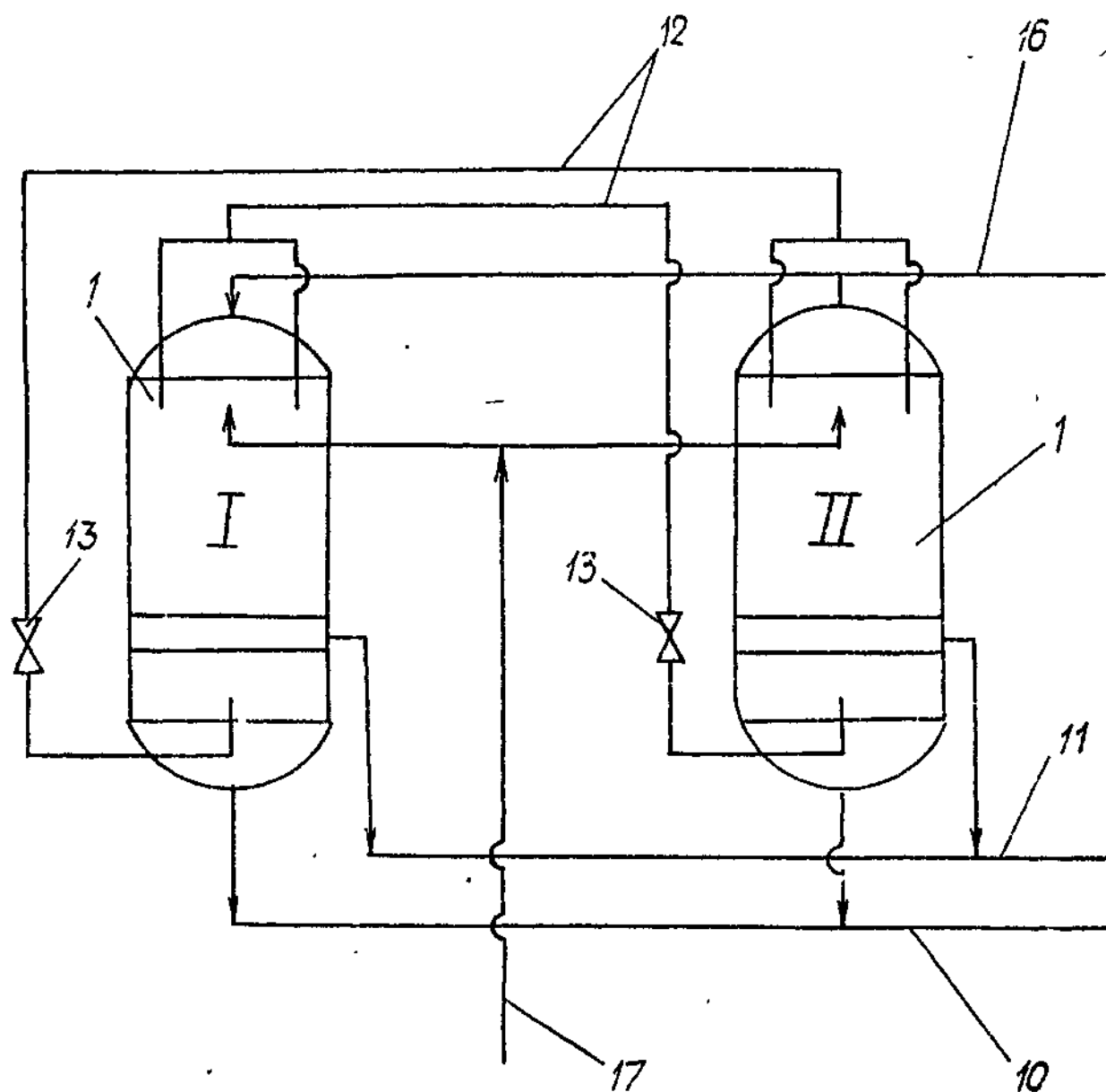
Сопоставительная характеристика эффективности работы предлагаемого фильтра  
и прототипа

Показатели	Единица измерения	Предлагаемый фильтр	Прототип по а.с. № 1123131
Производительность по очищаемой воде	м <sup>3</sup> /ч	100	100
Содержание в исходной воде			
твердых частиц	мг/л	92	92
масел	"	50	50
Скорость фильтрования	м/ч	14,3	14,3
Содержание в фильтрованной воде	мг/л		
твердых частиц		15	17
масел		24	25
Степень очистки	%		
твердых частиц		83,7	81,5
масел		52,0	50,0
Гидравлическое сопротивление фильтра	кПа	71	71
Содержание гранул пенополистирола в воде после промывки	г/л	отсутствует	6,1





Фиг. 2



Фиг. 3

Упорядник В. Лаврушин

Техред М.Моргентал

Коректор Л. Лівріц

Замовлення 616

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Виробничо-видавничий комбінат "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101

