



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013148299/05, 29.10.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.10.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.10.2013

(45) Опубликовано: 27.07.2015 Бюл. № 21

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: КИРЮШИНА Н.Ю. Очистка сточных вод гальванических производств от ионов Fe²⁺, Fe³⁺, Zn²⁺ электросталеплавильным шлаком, Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Пенза, 2011, с.17-18, рис.20. RU 2320544 C2, 27.03.2008. RU 2207981 C2, 10.07.2003. RU 2068297 C1, 27.10.1996. US 4265767 A, 05.05.1981

Адрес для переписки:

61002, Украина, 61002, г. Харьков, ул.
Петровского, 25, ХНАДУ, сектор
интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

Хоботова Элина Борисовна (UA),
Грайворонская Инна Валериевна (UA)

(73) Патентообладатель(и):

Харьковский национальный автомобильно-
дорожный университет (ХНАДУ) (UA),
Хоботова Элина Борисовна (UA),
Грайворонская Инна Валериевна (UA)

(54) СПОСОБ СТУПЕНЧАТОЙ АДСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ШЛАКОВЫМ СОРБЕНТОМ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ЗАМКНУТОСТИ ЦИКЛА ОБОРОТНОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к ступенчатой адсорбционной очистке сточных вод от органических соединений и может быть использовано на предприятиях с замкнутым циклом оборотного водопотребления. Способ включает подачу металлургического шлака через дозатор в адсорберы с механическим перемешиванием с последующим поступлением оставшейся суспензии шлака на разделение в отстойники. В качестве сорбента используют измельченный металлургический шлак из отвала, который перед дозированием предварительно активируют в резервуаре химической активации реагентом-активатором - 0,5 М раствором серной кислоты, который возвращают в резервуар с реагентом-активатором для многократной

активации порций шлака. Сточную воду с предприятия подают на очистку в каскад из трех адсорберов с пропеллерными мешалками, где ее последовательно перекачивают насосами из адсорбера в адсорбер, оставшуюся суспензию шлака из адсорберов подают в разделительный блок из трех отстойников, очищенные воды из адсорберов и отстойников сливают вместе и возвращают в начало технологического процесса предприятия с обеспечением замкнутой системы оборотного водопотребления предприятия. Технический результат - снижение концентрации смеси ароматических соединений, улучшение экологической ситуации, утилизация отработанного шлака в дорожной отрасли. 3 ил., 1 табл., 3 пр.

Изобретение относится к применению шлаковых сорбентов в ступенчатой адсорбционной очистке и может быть использовано при очистке сточных вод от органических соединений на предприятиях с замкнутым циклом оборотного водопотребления.

Известен биосорбционный фильтр для очистки сточных вод (RU 2186618. Биосорбционный фильтр для очистки сточных вод / Вайсман Я.И., Зайцева Т.А., Рудакова Л.В., Глушанкова И.С., Шишкин Я.С., Никитенко А.С. - Заявка 2001100980/12; опубл. 10.08.2002), которые образуются на полигонах захоронения твердых бытовых отходов. Биореактор состоит из корпуса с размещенными слоями загрузки (кора, шлак, скоп, сорбент Н, гравий), а также дренажной системы, отводящей очищенную воду.

Сточные воды равномерно распределяются по площади фильтра объемом 3 дм^3 , диаметром 10 см. Объемная скорость подачи воды $6 \text{ дм}^3/\text{час}$. Недостатком данного способа является необходимость периодической промывки фильтра и недостаточная степень очистки сточных вод от трудноокисляемых органических веществ, а также неподвижность слоя сорбента, что уменьшает процесс взаимодействия «сорбат - сорбент».

Известен способ очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов (RU 2125972. Способ очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов / Зильберман М.В., Налимова Е.Г., Тиньгаева Е.А.) при помощи сорбента на основе гальваношлама. Сорбент, содержащий 80% шлама и 20% полимера, загружают в колонну определенного диаметра. Через колонну пропускают стоки кислотнo-щелочных жидкостей, содержащих ионы тяжелых металлов: цинка, кобальта, никеля, меди. Степень очистки составляет 60-80%, а при дополнительной загрузке сорбента около 100%. Недостатком данного способа является ограниченная сфера использования (только для сорбции неорганических соединений) и отсутствие диффузионного взаимодействия между сорбентом и сточной водой.

Как прототип выбрана установка для очистки сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов (Кирюшина Н.Ю. Очистка сточных вод гальванических производств от ионов Fe^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} электросталеплавильным шлаком / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Пенза, 2011. - 22 с.), приведена технологическая схема разработанного процесса. Кислотные стоки из усреднителя и электросталеплавильный шлак из бункера через дозатор подаются в смеситель. Сточная вода температурой $20 \pm 3,0^\circ\text{C}$ перемешивается в смесителе на протяжении 15 минут, после чего полученная суспензия подается в вертикальный отстойник, где происходит отделение очищенной воды от осадка седиментацией. Очищенная сточная вода поступает на нейтрализацию промывных ванн, а потом - в городскую канализацию, а шлак направляется в контейнеры, а потом - на утилизацию.

Недостатками данного способа является то, что вода после очистки направляется в городскую канализацию, а не замыкается в цикл оборотного водопотребления и ограниченная сфера использования (только тяжелые металлы).

В основу изобретения поставлена задача разработки технологической схемы ступенчатой адсорбционной очистки сточных вод от органических соединений шлаковым сорбентом с обеспечением замкнутости цикла оборотного водопотребления.

Задача решается за счет того, что происходит адсорбционная очистка сточных вод металлургическим шлаком, отличается тем, что в качестве сорбента используют измельченный металлургический шлак из отвала, который перед дозированием предварительно активируют в резервуаре химической активации реагентом-активатором

- 0,5 М раствором серной кислоты, который возвращают в резервуар с реагентом-активатором для многократной активации порций шлака, активированный шлак подают равными порциями в адсорберы, сточную воду с предприятия подают на очистку в каскад из трех адсорберов с пропеллерными мешалками, где ее последовательно перекачивают насосами из адсорбера в адсорбер, оставшуюся суспензию шлака из адсорберов подают в разделительный блок из трех отстойников, очищенные воды из адсорберов и отстойников сливают вместе и возвращают в начало технологического процесса предприятия с обеспечением замкнутой системы оборотного водопотребления предприятия.

Пример 1. Касается расчета числа ступеней адсорбционной очистки сточных вод. Анализ формы изотермы адсорбции растворенных веществ позволяет определить оптимальное количество ступеней адсорбционной очистки вод. Рациональное число ступеней адсорбционной очистки сточных вод тем меньше, чем круче начальная ветвь изотермы адсорбции и выше значение константы адсорбционного равновесия. Это можно показать на примере адсорбционной очистки сточных вод от п-нитроанилина шлаком Побужского ферроникелевого комбината (ПФНК), изотерма которого приведена на фиг. 1.

Согласно величинам адсорбции (a) при определенных равновесных (конечных) концентрациях п-нитроанилина можно рассчитать расходы адсорбента при разном количестве ступеней очистки и выбрать оптимальный вариант (таблица 1). Конечная концентрация п-нитроанилина в очищенной воде C_k при условии использования в производстве принята равной $0,25 \text{ мг/дм}^3$, начальная концентрация C_0 п-нитроанилина равна 10 мг/дм^3 . Расход адсорбента m определяется разностью C_0 и C_k концентраций поглощенного вещества, разделенной на величину адсорбции a : $m = (C_0 - C_k)/a$.

Экономия удельного расхода шлакового сорбента с увеличением числа ступеней адсорбции уменьшается. Замена одноступенчатой схемы очистки на двухступенчатую приводит к уменьшению расхода шлакового сорбента на 46,5%, введение третьей ступени приводит к уменьшению удельного расхода адсорбента только на 6,5% по сравнению со второй ступенью. Четвертая ступень экономит сорбент на 2,7% по сравнению с предыдущей. Введение четвертой ступени не экономично, так как расходы на создание нового оборудования превышают стоимость шлакового сорбента. Соотношение $V_v:V_{адс}$ имеет рекомендованное значение ≥ 50 при введении трехступенчатой адсорбционной системы очистки сточных вод. В связи с этим рекомендован каскад из трех ступеней адсорбции.

Таблица 1 – Удельные расходы шлакового сорбента ПФНК в зависимости от числа ступеней адсорбционной очистки сточной воды от n -нитроанилина

Число ступеней	1	2		3			4			
Номер ступени	1	1	2	1	2	3	1	2	3	4
C_0 , мг/дм ³	10	10	2,4	10	2,4	0,6	10	2,4	1	0,5
C_k , мг/дм ³	0,25	2,4	0,25	2,4	0,6	0,25	2,4	1	0,5	0,25
a , мг/г	0,085	0,21	0,085	0,21	0,105	0,085	0,21	0,125	0,09	0,085
m , кг/м ³	114,7	36,2	25,3	36,2	17,1	4,12	36,2	11,2	5,6	2,94
Σm , кг/м ³	114,7	61,4		57,4			55,9			
$V_v : V_{алс.}$	26,2	48,8		52,6			53,8			

Пример 2. Касается разработки технологической схемы очистки сточных вод шлаковым сорбентом с обеспечением замкнутости водопотребления. Схема ступенчатой адсорбционной очистки сточных вод от органических загрязнителей с обеспечением замкнутости цикла оборотного водопотребления приведена на фиг. 2.

Отвальный металлургический шлак производства ферросплавов из отвала 1 поступает в блок А подготовки и активации шлакового сорбента первоначально на измельчение в конусной дробилке 2, потом последовательно - в валковой дробилке 3.

Диспергированный шлак поддается химической активации в резервуаре 4, в который с резервуара 5 поступает реагент-активатор 0,5 М раствор серной кислоты. Реагент 0,5 М раствор H_2SO_4 может использоваться многократно для активации порций шлакового сорбента, поэтому предусмотрено его возвращение в резервуар 5. После активации шлаковый сорбент поступает в блок Б адсорбционной очистки сточных вод через дозатор 6 равными порциями в адсорберы 8-10 с механическим перемешиванием пропеллерными мешалками. Из источника образования 7 сточные воды поступают в блок Б, последовательно подлежат адсорбционной очистке в адсорберах 8-10. После окончания цикла в каждом адсорбере очищенная вода насосами перекачивается в следующий адсорбер. Оставшаяся суспензия шлака поступает на разделение в блок В, который состоит из трех отстойников. Из адсорбера 8 суспензия поступает в отстойник 77; из адсорбера 9 - в отстойник 12; из адсорбера 10 - в отстойник 13. Очищенные воды из блоков Б и В сливаются вместе и поступают на исходное предприятие в технологический цикл. Цикл оборотного водопотребления замкнулся.

Пример 3. Касается выбора адсорберов. При выборе адсорберов с мешалками учтены наиболее эффективные параметры:

- диаметр пропеллерной мешалки $d_M=0,2-0,5$ от диаметра адсорбера D ;
- шаг винта $S=1-3 D$;
- высота уровня жидкости в сосудах $H=0,8-1,2 D$;
- расстояние между дном аппарата и краем лопасти $h_M=0,5-1 D$.

Исходя из этого рассчитаны оптимальные параметры адсорбера с принудительным перемешиванием (14 - корпус аппарата; 75 - отбивная перегородка; 16 - пропеллерная мешалка; 77 - вал; 18 - отверстие для подачи и выпуска воды; 19 - отверстие для спуска суспензии шлакового сорбента), что приведено на фиг. 3. Расчет приведен исходя из объема сточных вод 30000 дм³, которые образуются за сутки на текстильном предприятии средней мощности. При непрерывной работе в течение суток и времени

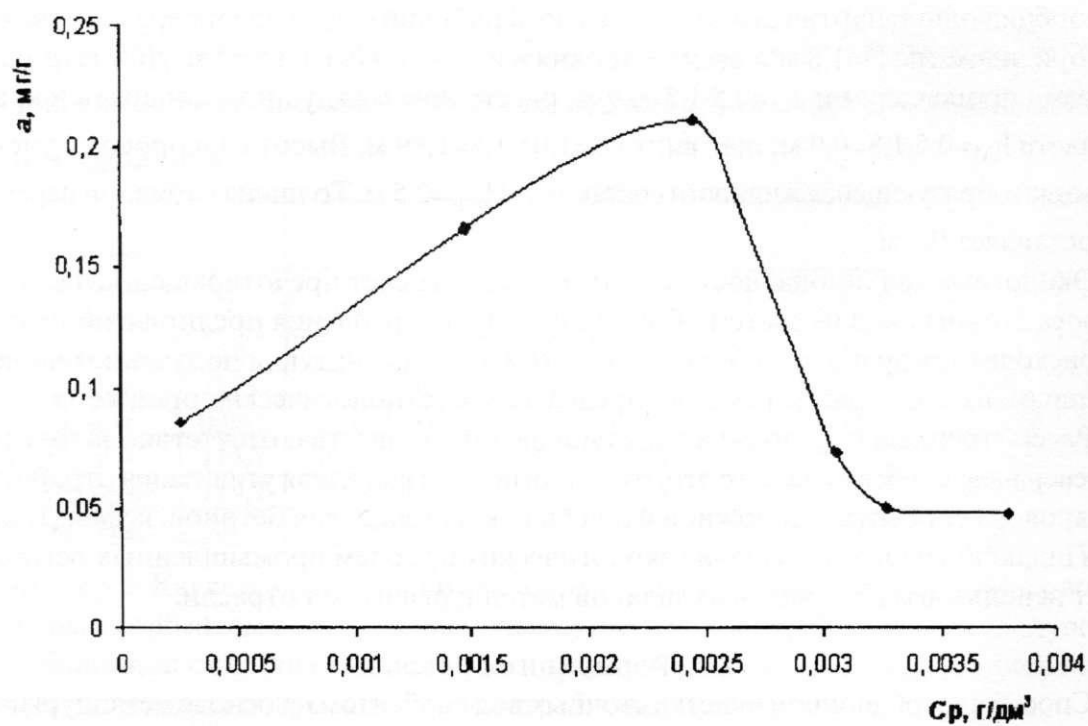
адсорбции одной партии сточных вод 4 часа рабочий объем адсорбера составляет 5000 дм при диаметре $D=1,8$ м и высоте уровня жидкости $H=1,1 \cdot 1,8=2$ м. Диаметр мешалки с тремя пропеллерами $d_M=0,5 \cdot 1,8=0,9$ м; расстояние между дном аппарата и краем лопасти $h_M=0,5 \cdot 1,8=0,9$ м; шаг винта $S=1,05 \cdot 1,8=1,89$ м. Высота адсорбера с учетом воронки образующейся жидкости составляет $H_{адс}=2,5$ м. Толщина отбивной перегородки у составляет 0,1 м.

Экологическая безопасность обеспечивается за счет предотвращения частичного сброса сточных вод из систем оборотного водопотребления предприятий, тем самым происходит превращение оборотной системы на замкнутую и получение очищенных технических вод, пригодных для определенных технологических процессов.

Рассмотренный способ имеет следующие преимущества: отсутствие затрат на регенерацию сорбента, вместо этого - экономически выгодная утилизация отработанного шлакового сорбента в дорожной отрасли как наполнителя бетонов, асфальтобетонов или шлакового щебня, решение экологических проблем промышленных регионов за счет использования отвальных шлаков металлургической отрасли.

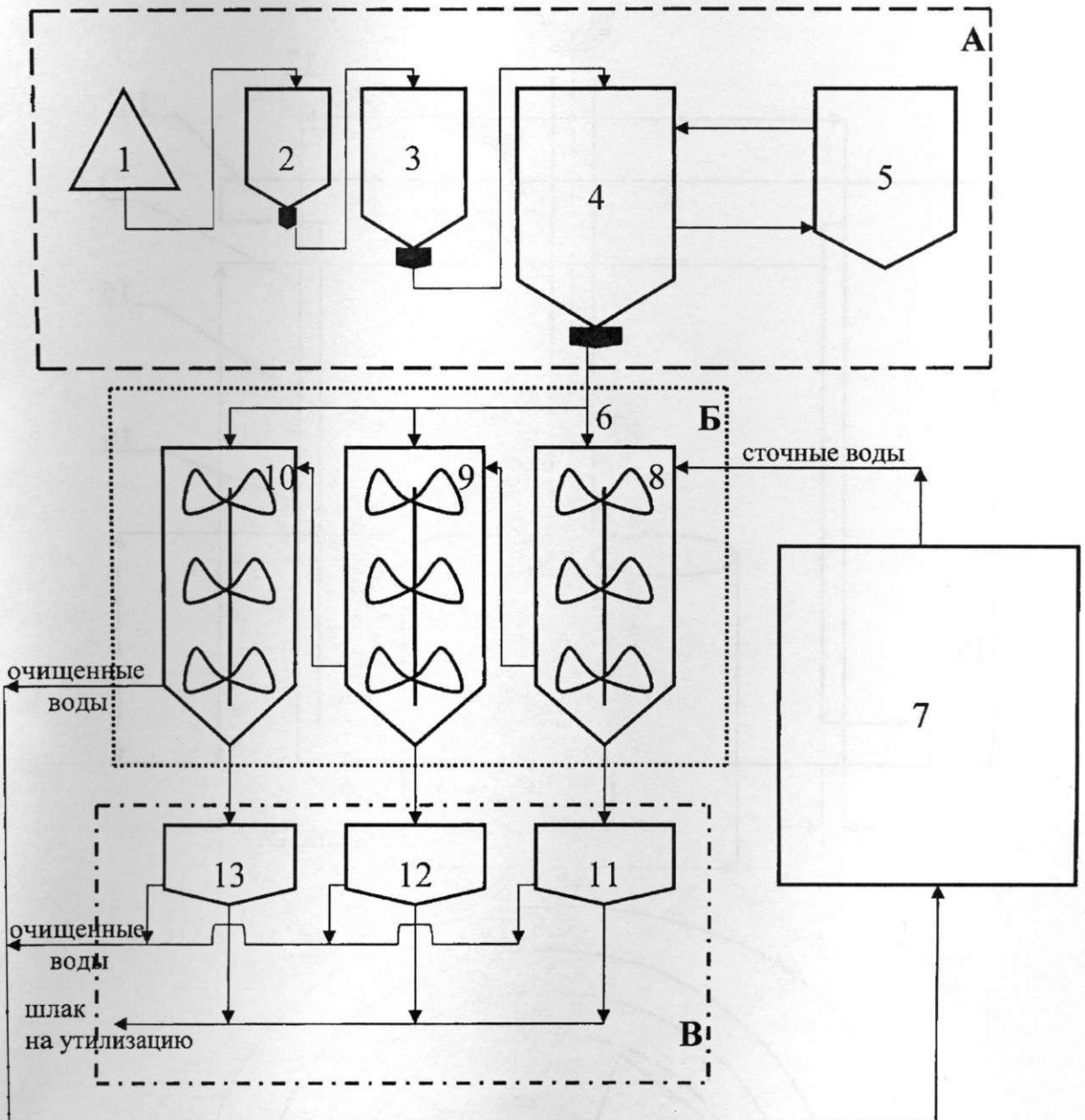
Формула изобретения

Способ адсорбционной очистки сточных вод сорбентом на основе металлургического шлака, включающий подачу металлургического шлака через дозатор в адсорберы с механическим перемешиванием с последующим поступлением оставшейся суспензии шлака на разделение в отстойники, отличающийся тем, что в качестве сорбента используют измельченный металлургический шлак из отвала, который перед дозированием предварительно активируют в резервуаре химической активации реагентом-активатором - 0,5 М раствором серной кислоты, который возвращают в резервуар с реагентом-активатором для многократной активации порций шлака, активированный шлак подают равными порциями в адсорберы, сточную воду с предприятия подают на очистку в каскад из трех адсорберов с пропеллерными мешалками, где ее последовательно перекачивают насосами из адсорбера в адсорбер, оставшуюся суспензию шлака из адсорберов подают в разделительный блок из трех отстойников, очищенные воды из адсорберов и отстойников сливают вместе и возвращают в начало технологического процесса предприятия с обеспечением замкнутой системы оборотного водопотребления предприятия.



Изотерма адсорбции *p*-нитроанилина шлаком ПФНК

Фиг. 1



А – блок подготовки и активации шлакового сорбента:

1 – отвал металлургического шлака; 2 – конусная дробилка; 3 – валковая дробилка;

4 – резервуар для активации шлака; 5 – резервуар с раствором H_2SO_4

6 – дозатор

7 – предприятие, в технологическом процессе которого образуются сточные воды

Б – блок адсорбционной очистки сточных вод:

8, 9, 10 – каскад адсорберов с принудительным перемешиванием пропеллерными мешалками

В – блок разделения суспензии:

11, 12, 13 – отстойники

Схема ступенчатой сорбционной очистки сточных вод от органических загрязнителей с обеспечением замкнутости цикла оборотного водопотребления

Фиг. 2

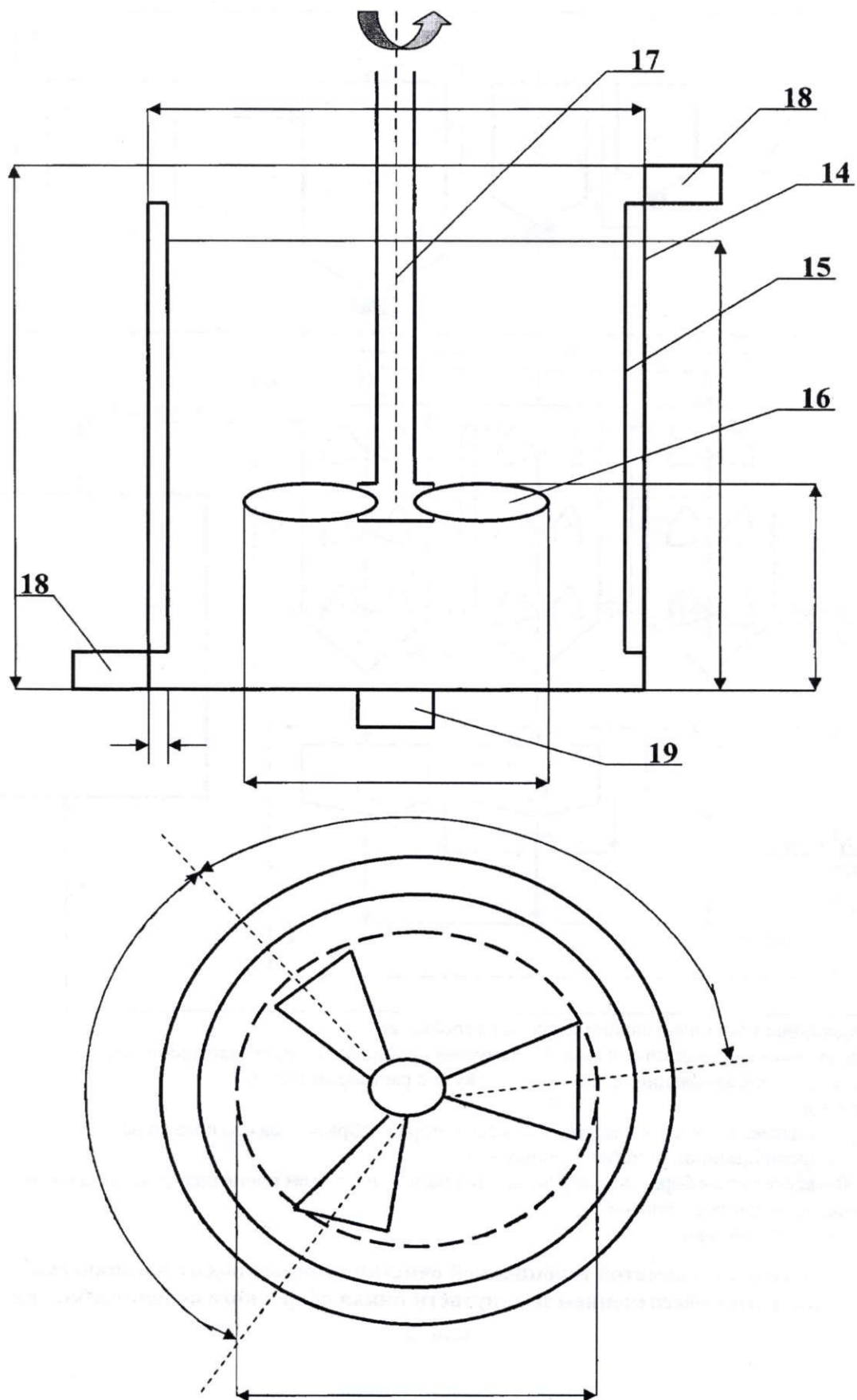


Схема адсорбера с пропеллерной мешалкой

Фиг. 3