



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Государственная регистрация изобретения осуществлена по заявлению о признании действия исключительного права на территории Российской Федерации на основании статьи 13¹ Федерального закона от 18 декабря 2006 года № 231-ФЗ «О введении в действие части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации»

(21)(22) Заявка: 2014149872/93, 26.09.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.11.2011

Приоритет(ы):
Дата приоритета: 28.11.2011
Патент № 104464 (UA)

(45) Опубликовано: 10.02.2015 Бюл. № 4

Адрес для переписки:
299011, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2,
Институт биологии южных морей
им. А.О. Ковалевского

(72) Автор(ы):

Беляев Борис Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

**Институт биологии южных морей им. А.О.
Ковалевского (RU)**

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МАКРОФИТОВ

(57) Реферат:

Устройство для культивирования макрофитов с рабочими объемами с соотношением высоты к ширине не менее 1,5, имеющими поперечные профили дна в форме четвертой-шестой части сечения цилиндра, примыкающего к высоким боковым стенкам под прямым углом, и низкие стенки, выполненные из светонепроницаемого материала, оснащенные расположенными в их глубоких частях продольными перфорированными воздуховодами, патрубками для подачи и щелями для слива питательной среды, газообменниками, блоком регулирования рН с датчиками рН и набором сигнальных электродов, коммутатором, исполнительным механизмом для подачи в газообменники углекислого газа, светильниками с вертикальным

набором люминесцентных ламп, вокруг которых попарно группируются рабочие объемы, которые дополнительно оснащены роторами, вращающимися на осях, закрепленных на торцевых стенках, с шестью подпружиненными, наполняемыми воздухом поворотными лопастями, выполненными из светонепроницаемого материала, и вспомогательными перфорированными воздуховодами с независимым регулированием подачи воздуха.

Устройство при значительном сокращении расходов углекислого газа и сжатого воздуха позволяет эффективно использовать световую энергию и, сохраняя высокую удельную производительность продукции, снизить её себестоимость.

R U
2 5 4 1 4 4 5
C 1

R U
2 5 4 1 4 4 5
C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
A01G 33/00 (2006.01)
A01H 13/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

State registration of the invention has been provided following a request to recognize the exclusive rights on the territory of the Russian Federation as provided for in the Article 13¹ of the Federal Law of December 18, 2006 № 231-ФЗ «On enactment of part four of the Civil Code of the Russian Federation»

(21)(22) Application: **2014149872/93, 26.09.2014**

(24) Effective date for property rights:
28.11.2011

Priority:
Priority date: **28.11.2011**
Patent No. **104464 (UA)**

(45) Date of publication: **10.02.2015** Bull. № 4

Mail address:
299011, g. Sevastopol', pr. Nakhimova, 2, Institut biologii juzhnykh morej im. A.O. Kovalevskogo

(72) Inventor(s):
Beljaev Boris Nikolaevich (RU)

(73) Proprietor(s):
Institut biologii juzhnykh morej im. A.O. Kovalevskogo (RU)

(54) **MACROPHYTE CULTURE DEVICE**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: macrophyte culture device with a working space providing a height to width relation of at least 1.5 having bottom cross-sections in the form of a fourth to a sixth of the cylinder section adjoining high side walls at a right angle, and lower walls made of a light-proof material, provided with long air duct perforations, nutrient medium feed nozzles and draining slots, gas exchanger, a pH control unit with pH sensors and a kit of signal electrodes, a switch, an actuator mechanism for carbon dioxide feed into the gas

exchangers, lighting fixtures with a vertical kit of luminescent lamps, which are surrounded by a group of working spaces, additionally provided with axially rotating rotors with their axes fastened to the end walls with six spring-loaded air-filled rotary blades made of a translucent material, and auxiliary air duct perforations with independent air feed control, in their bottom parts.

EFFECT: with considerably reducing carbon dioxide and compressed air consumption, the device enables using light power effectively and reducing its cost price with maintaining the high specific productivity.

RU 2 541 445 C1

RU 2 541 445 C1

Изобретение относится к марикультуре и может быть использовано при культивировании неприкрепленных форм макрофитов.

Известно устройство для культивирования макрофитов (ДП Украины № 42296 А, МКИ7 C15N 1/2, A01G 33/00, A01H 13/00, C12N1 1/12, C12R 1/89), разделенные на секции, 5 рабочие объемы которого с соотношением высоты к ширине не менее 1,5 имеют поперечные профили дна в форме четвертой-шестой части сечения цилиндра, примыкающего к высоким боковым стенкам под прямым углом, и низкие стенки, выполненные из светонепроницаемого материала, оснащены расположенными в их 10 глубоких частях продольными перфорированными воздухопроводами, патрубками для подачи и щелями для слива питательной среды, газообменниками, блоком регулирования рН с датчиками рН и набором сигнальных электродов, коммутатором, исполнительным механизмом для подачи в газообменники углекислого газа, 15 светильниками с вертикальным набором люминесцентных ламп, вокруг которых попарно группируются рабочие объемы, примыкая к ним своими прозрачными стенками. Недостатком такого устройства являются, во-первых, необходимость секционировать рабочие объемы по длине на секции, а во-вторых, либо большой расход сжатого воздуха и сопровождающий его большой расход углекислого газа, либо неэффективное использование световой энергии и биогенов, ингибирование культуры эпифитами и, как следствие, уменьшение выхода продукции макрофитов с единицы 20 площади зеркальной поверхности культиватора.

При начальной плотности культуры 5-6 г/л и удвоении биомассы за 10-12 дней (средняя удельная скорость весового роста $\mu=0,069-0,057$) за недельный цикл культивирования плотность культуры может возрасти до 8,1-7,5 г/л. При такой 25 плотности для создания устойчивой равномерной циркуляции питательной среды вместе с талломами водорослей, как показала практика, необходим значительный расход энергии на работу компрессоров, обусловленный большим расходом воздуха из-за 30 большого диаметра воздушных пузырьков, который при глубине культиватора 0,5 м при выходе из воздухопровода должен быть не менее 2-2,5 мм. Такие пузырьки всплывают со скоростью 15-20 см/с, создавая восходящий поток питательной среды вместе с талломами водорослей со скоростью 10-12

см/с, а потребляемая компрессором мощность электроэнергии составляет 0,4 -0,5 Вт/л или 0,04 - 0,05 Вт на 1 г культивируемых водорослей.

Такой режим способствует удалению избыточно растворенного углекислого газа, 35 удерживающего рН питательной среды в пределах 7,9 - 8,0, через поверхности воздушных пузырьков, и расход углекислого газа может составлять до 25 мг в сутки на 1 г культивируемых водорослей.

При уменьшении расхода воздуха за счет уменьшения диаметра перфораций воздухопровода уменьшается скорость всплытия пузырьков и скорость циркуляции 40 питательной среды вместе с талломами. Мелкие пузырьки с диаметром до 1 мм частично прилипают к водорослям, и слабый поток циркуляции не способен увлечь такие талломы в глубину. Водоросли сбиваются на поверхности в плотный мат, занимая по вертикали не более 10% объёма. Таким образом, может быть использовано не более 10% падающей через боковую стенку лучистой энергии, к тому же, освещается только часть водорослей из-за их большой плотности в плавающем мате.

Кроме того, неподвижный мат культивируемых водорослей становится прекрасным 45 субстратом для развития эпифитов, которые угнетают культивируемые водоросли за счет выедания биогенов в поверхностном слое, снижения поверхностной освещенности и повышения рН. А поскольку слив питательной среды осуществляется из

поверхностного слоя, датчик рН даёт сигнал для подачи дополнительной порции CO_2 , который из-за плохого перемешивания не проникает во внутреннее пространство мата, а вымывается мелкодисперсным потоком воздуха, имеющим большую поверхность раздела фаз вода - воздух. И все это способствует снижению средней удельной скорости
 5 весового роста культуры и выхода продукции с единицы площади зеркальной поверхности культиватора.

В основу изобретения устройства для культивирования неприкрепленных макрофитов поставлена задача путем снижения расходов углекислого газа и сжатого воздуха, обеспечить сохранение высокого выхода продукции макрофитов с единицы площади
 10 зеркальной поверхности культиватора и снижение себестоимости единицы продукции.

Сущность изобретения заключается в том, что рабочий объем проточного культиватора с прозрачной низкой продольной стенкой, примыкающей к вертикальному набору люминесцентных ламп, с соотношением высоты к ширине не менее 1,5, поперечным сечением профиля дна в форме четвертой - шестой части сечения цилиндра,
 15 примыкающего к высокой продольной стенке под прямым углом, оснащенный в его глубокой части перфорированным воздухопроводом, патрубками для подачи и щелями для слива питательной среды, датчиком рН с блоком регулирования рН, газообменником с набором сигнальных электродов и исполнительными механизмами для подачи в него углекислого газа, дополнительно оснащен ротором с шестью
 20 подпружиненными воздухонаполняемыми поворотными лопастями, вращающимся на осях, закрепленных на торцовых стенках, и вспомогательными перфорированными воздухопроводами с независимым регулированием подачи воздуха.

Сущность изобретения поясняется чертежами. На фиг. 1 представлена схема работы ротора, на фиг. 2 - конструкция ступицы колеса ротора, на фиг. 3 - конструкция поворотного механизма лопастей, на фиг. 4 - профиль поперечного сечения лопасти. Все существенные размеры конструкции привязаны к ширине рабочего объема
 25 культиватора (Ш).

Каждый рабочий объем культиватора 1 с газообменником 2 и сливным желобом 3 оснащается вспомогательными перфорированными воздухопроводами 8 с независимой
 30 регулировкой подачи воздуха и ротором с поворотными воздухонаполняемыми лопастями 4, выполненными из светопрозрачного материала, закрепляемыми на спицах колес ротора 5, ступицы которых своими отверстиями 9 (фиг. 2) опираются на оси, смонтированные на внутренних сторонах торцовых стенок культиватора на высоте 0,7 Ш. Ротор в собранном виде с закрепленными лопастями опускается в рабочий
 35 объем в положении, когда пазы ступицы, из которых вынуты шпильки 10, направлены вниз. После того, как оси культиватора займут положение в отверстиях 9, в пазы вставляют шпильки 10, которые не требуют дополнительной фиксации, т.к. при вращении колес ротора в указанных на фиг. 2 направлениях их будет удерживать на месте сила трения.

Лопастями 4 своими проушинами 15 (фиг. 3) закрепляются на расположенных на концах спиц 5 поворотных осях 16, на утолщенной части которых 17 монтируются пружины 12, длинным концом фиксирующие лопасти в исходном положении при минимальном
 40 усилии прижатия их к фиксатору 11. Короткие концы пружины фиксируются в углублениях 18 на спицах 5. Продольные смещения пружины и лопастей ограничиваются шайбами 14 и винтами 13. Длинные стороны лопастей выполнены по краю в виде гребенки 19 и имеют три ряда антифрикционных выступов 7 (фиг. 4).

Устройство работает следующим образом.

Рабочий объем, снаряженный ротором, заполняют питательной средой и

устанавливают требуемый проток. В положении, когда одна из пар спиц колес ротора находится в горизонтальном положении, подают воздух во все воздухопроводы. Засекают объём воздуха, способный преодолеть сопротивление четырех пружин двух диаметрально расположенных лопастей при максимальном их закручивании (угле поворота лопастей от 75 до 80°) и минимальном рычаге ($R \approx 0,26$ Ш) воздействия на пружину, требующем максимального усилия. Измеряют также время его наполнения. В таком положении происходит наполнение только одной (первой) лопасти, находящейся над воздухопроводами на горизонтально расположенной спице. При повороте ротора против часовой стрелки на 5° следующая за ней спица отклоняется от вертикали на 35° и закреплённая на ней вторая лопасть перекроет воздушный поток из крайнего левого воздухопровода. При повороте ротора ещё на 9° вторая спица отклоняется от вертикали на 44°, и закреплённая на ней лопасть перекрывает крайний правый воздухопровод.

При повороте ротора на 20° вторая спица отклонится от вертикали на 50°, вторая лопасть (одновременно с пятой) первым рядом антифрикционных выступов войдет в соприкосновение со стенкой культиватора, и подъемной силе будут противостоять пружины четырех лопастей. Однако рычаг воздействия на пружины второй и пятой лопастей будет максимальным ($R \approx 0,48$ Ш), а сопротивление минимальным. К тому же, с момента поворота ротора на 14° его крутящий момент уже создается полным объёмом воздуха первой лопасти и увеличивающимся объёмом воздуха второй лопасти до угла поворота 47°, когда спица первой лопасти окажется в направлении 137° от нижней вертикали и воздух начнет выходить из первой лопасти через гребенку 19 (фиг. 4). В положении 140° первая лопасть (одновременно с четвертой) выходит из зацепления со стенкой культиватора, и залповый выброс воздуха из неё создает мощный импульс движению поверхностного слоя питательной среды против часовой стрелки, а ротор получает дополнительный крутящий момент за счет воздействия поверхностного слоя на предыдущую (шестую) лопасть.

Измеряют скорость вращения ротора и регулируют подачу воздуха, добиваясь минимального расхода. Загружают исходное количество водорослей и при необходимости дополнительно регулируют подачу воздуха, добиваясь устойчивой циркуляции питательной среды вместе с водорослями.

Предложенная конструкция и схема работы устройства позволяют избежать «вымывания» углекислого газа, поступающего в питательную среду через газообменник за счет того, что для заполнения лопастей могут быть использованы сколь угодно большие пузырьки воздуха при сколь угодно малом их количестве (малом числе перфораций). Суммарная площадь раздела фаз вода - воздух в этом случае может быть на порядок ниже, чем при мелкодисперсном распылении из многочисленных перфораций. Кроме того, угловая скорость вращения ротора не зависит от скорости всплытия воздушных пузырьков, которая напрямую связана с их диаметром. Она зависит лишь от количества воздуха, которое может быть аккумулировано одной или двумя следующими друг за другом лопастями, а следовательно, может легко регулироваться расходом воздуха.

По сравнению с прототипом, для случая, когда в нем используют мелкодисперсное распыление воздуха, предлагаемая конструкция позволяет сократить расход углекислого газа, уменьшить количество эпифитов и рационально использовать падающую световую энергию, значительно увеличив выход продукции с квадратного метра зеркальной поверхности культиватора.

В случае, когда в прототипе используют крупнодисперсное распыление для создания устойчивой циркуляции, способствующей ингибированию эпифитов, предлагаемое

устройство позволяет экономить расход воздуха и углекислого газа, уменьшив, таким образом, себестоимость единицы продукции. Примеры испытания устройств.

Выращивание гелидиума в течение двух недель параллельно проводили в июле месяце в двух известных культиваторах (№1 и №2) размером 0,3·0,3·0,5 м (площадью 0,09 м², объемом 45 л) и культиваторе №3 заявленной конструкции размером 0,6·0,3·0,5 м (площадью 0,18 м², объемом 90 л) при температуре 21-23°C, боковой освещенности 18-20 кЛк с выключением на 8 часов в ночное время (с 22.00 до 6.00) и естественной поверхностной освещенностью, которая в лаборатории в яркие дни не превышала 3 кЛк.

Через культиваторы №1 и №2 установили проток фильтрованной черноморской воды (соленостью 17,5‰) 2 л/ч, а через культиватор №3 - 4 л/ч. В культиваторы №1 и №2 загрузили по 225 г гелидиума - *Gelidium latifolium* (Grev.) Born, et Thur. (Rhodophyta) - из расчета 2,5 кг/м² или 5 г/л, а в культиватор №3 из такого же расчета - 450 г.

Заполнили углекислым газом газообменники и установили верхний предел регулирования рН на уровне 8,0. Для всех культиваторов одинаково на каждый литр среды добавляли 52 мг KNO₃ и 7,4 мг KН₂РO₄·3Н₂О, а также сваренные вместе 2,16 мг FeCl₃·6Н₂О и 17 мг Na₂ЭДТА.

В культиватор № 1 установили воздухопровод, перфорированный отверстиями диаметром 0,4-0,5 мм по 3 отверстия на 1 см - всего 90 отверстий. Культиватор № 2 оборудовали воздухопроводом с перфорациями диаметром 2 мм по 1 на 1 см (всего 30 отверстий), а культиватор №3 - тремя воздухопроводами с отверстиями диаметром 2 мм по 1 на 6 см (30 отверстий). Для обеспечения изначально устойчивой циркуляции питательной среды вместе с водорослями использовали наборы аквариумных микрокомпрессоров мощностью 4,5 Вт марки Atman CR-40 с двумя выходами, обеспечивающими при атмосферном давлении производительность 1,5 л/мин. На культиватор № 1 параллельно нагрузили 2 компрессора, на второй - 4. На третий культиватор задействовали 2 компрессора: один - на крайний левый воздухопровод, и по одному выходу второго компрессора - на два другие воздухопровода.

Скорость всплытия воздушных пузырьков в первом культиваторе составила 10-12 см/сек, а вертикальная составляющая скорости питательной среды вместе с водорослями - 7-8 см/с. Таким образом, скорость циркуляции составила ≈5 об./мин. Во втором культиваторе скорость всплытия пузырьков - 15-20 см/с, вертикальная составляющая питательной среды - 10-12 см/с, а скорость циркуляции - 7-8 об./мин. В третьем культиваторе при первоначальной схеме подачи сжатого воздуха скорость вращения ротора составила ≈8 об./мин. Схема была изменена: оставили один компрессор, и оба его выхода подключили к одному ресиверу с тремя регулируемыми выходами для каждого воздухопровода. При этом скорость ротора составила ≈4 об./мин.

При наблюдении за процессом культивирования был установлен тот факт, что на пятые сутки в первом культиваторе талломы водорослей с притянутыми мелкими воздушными пузырьками сбились в мат, плавающий на поверхности, который оставался в таком положении до конца эксперимента. Во втором культиваторе скорость циркуляции снизилась в среднем до 7 об./мин, а скорость ротора практически не изменилась.

Мат из водорослей первого культиватора был обильно покрыт (около 80% поверхности) проростками эпифитов длиной от 2 до 4 мм, общая масса которых отдельно не определялась. На талломах из второго и третьего культиваторов наблюдались единичные проростки такого же размера.

Таблица 1.

Параметр	Культиватор 1	Культиватор 2	Культиватор 3
W_0 (г)	225	225	450
W_{14} (г)	290,2	301,9	600,4
ΔW (г)	65,2	76,9	156,4
μ	0,0181	0,0209	0,0213
P (квт·час)	3,024	6,048	1,512
CO_2 (г)	64,4	58,1	106,2
KNO_3 (г)	34,9	34,9	69,8
$KH_2PO_4 \cdot 3H_2O$ (г)	4,97	4,97	9,94
$FeCl_3 \cdot 6H_2O$ (г)	1,45	1,45	2,9
Na_2EDTA (г)	11,4	11,4	22,8

Таблица 2.

Параметр	Культиватор 1	Культиватор 2	Культиватор 3
P (вт·час)	46	78	10
CO_2 (г)	0,988	0,755	0,679
KNO_3 (г)	0,535	0,454	0,446
$KH_2PO_4 \cdot 3H_2O$ (г)	0,076	0,065	0,064
$FeCl_3 \cdot 6H_2O$ (г)	0,022	0,019	0,019
Na_2EDTA (г)	0,175	0,148	0,146
Удел. производ.	51,75	61,03	62,0

г/м ² ·сутки			
-------------------------	--	--	--

Через 14 суток культивирования произвели взвешивание биомасс, определили удельную скорость весового роста гелидиума, расход электроэнергии, биогенов и углекислого газа (табл. 1), а также рассчитали затраты на единицу продукции и удельную производительность каждого культиватора (табл. 2)

Данные таблицы 2 показывают, что при практически одинаковых удельной производительности и затратах биогенов на единицу продукции со вторым культиватором при использовании предложенного устройства по сравнению с культиватором № 1 происходит экономия биогенов на 14-15%, углекислого газа - на 31%, электроэнергии для подачи воздуха - в 4,6 раза, а удельная производительность возрастает на 20%.

По сравнению с культиватором № 2, в котором использовано крупнодисперсное

распыление воздуха, экономия углекислого газа в пересчете на единицу продукции составляет около 10%, зато расход электроэнергии для подачи сжатого воздуха сокращается в 7,8 раза.

5 Таким образом, предлагаемое устройство для культивирования макрофитов при значительном сокращении расходов углекислого газа и сжатого воздуха позволяет эффективно использовать световую энергию и, сохраняя высокую удельную производительность продукции, снизить её себестоимость.

Формула изобретения

10 Устройство для культивирования макрофитов с рабочими объемами с соотношением высоты к ширине не менее 1,5, имеющими поперечные профили дна в форме четвертой-шестой части сечения цилиндра, примыкающего к высоким боковым стенкам под прямым углом, и низкие стенки, выполненные из светонепроницаемого материала, оснащенные расположенными в их глубоких частях продольными перфорированными
15 воздухопроводами, патрубками для подачи и щелями для слива питательной среды, газообменниками, блоком регулирования рН с датчиками рН и набором сигнальных электродов, коммутатором, исполнительным механизмом для подачи в газообменники углекислого газа, светильниками с вертикальным набором люминесцентных ламп, вокруг которых попарно группируются рабочие объемы, примыкая к ним своими
20 прозрачными стенками, отличающееся тем, что рабочие объемы дополнительно оснащены роторами, вращающимися на осях, закрепленных на торцовых стенках, с шестью подпружиненными, наполняемыми воздухом поворотными лопастями, выполненными из светопроницаемого материала, и вспомогательными перфорированными воздухопроводами с независимым регулированием подачи воздуха.

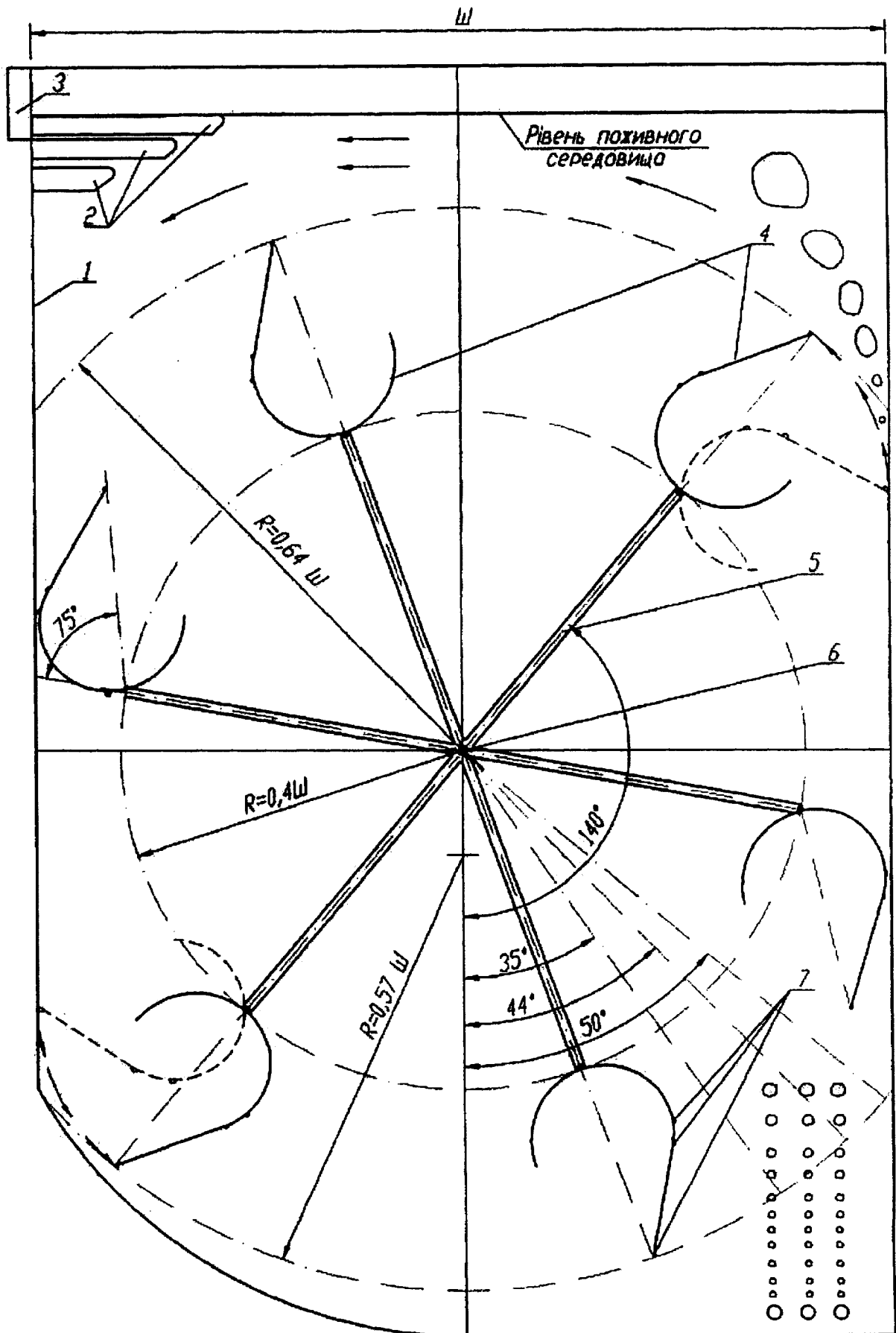
25

30

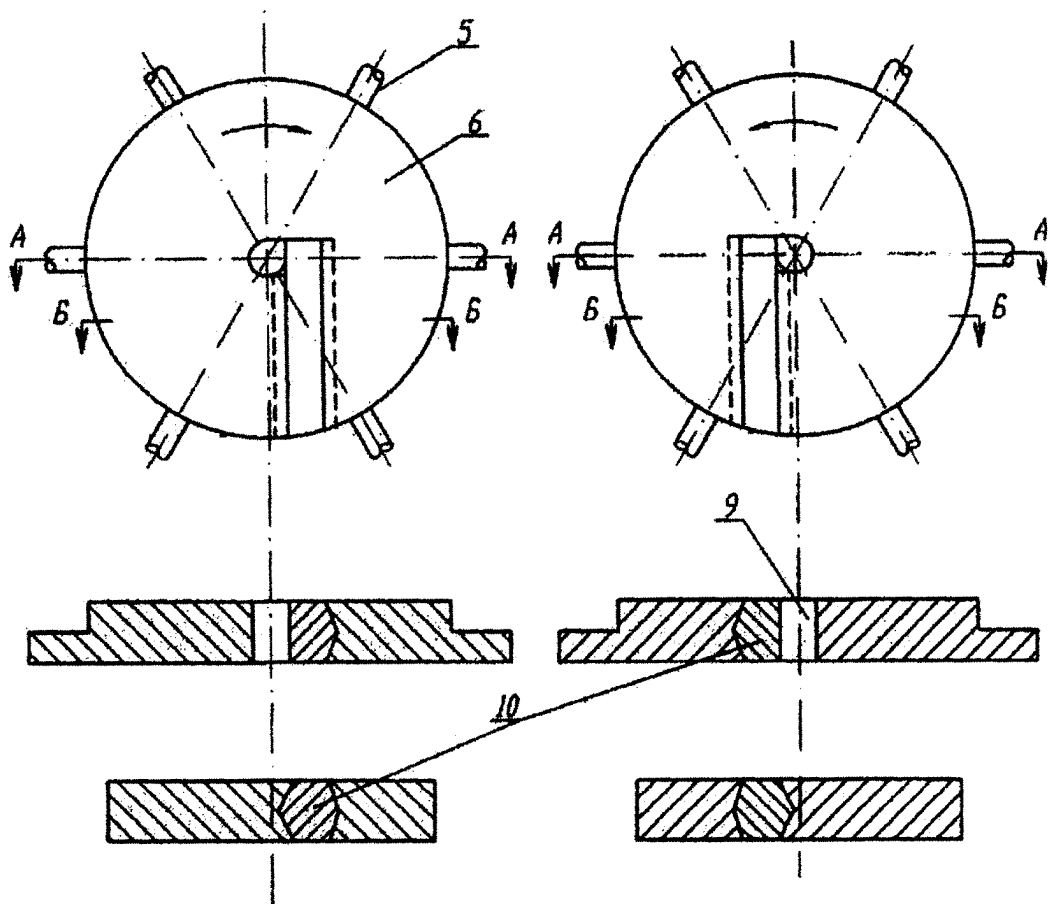
35

40

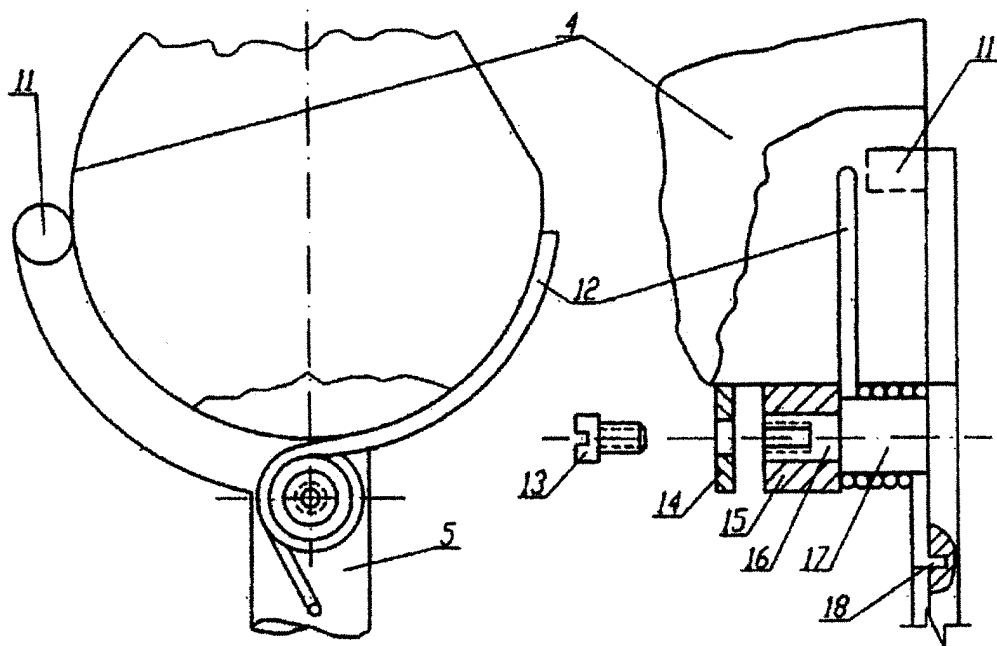
45



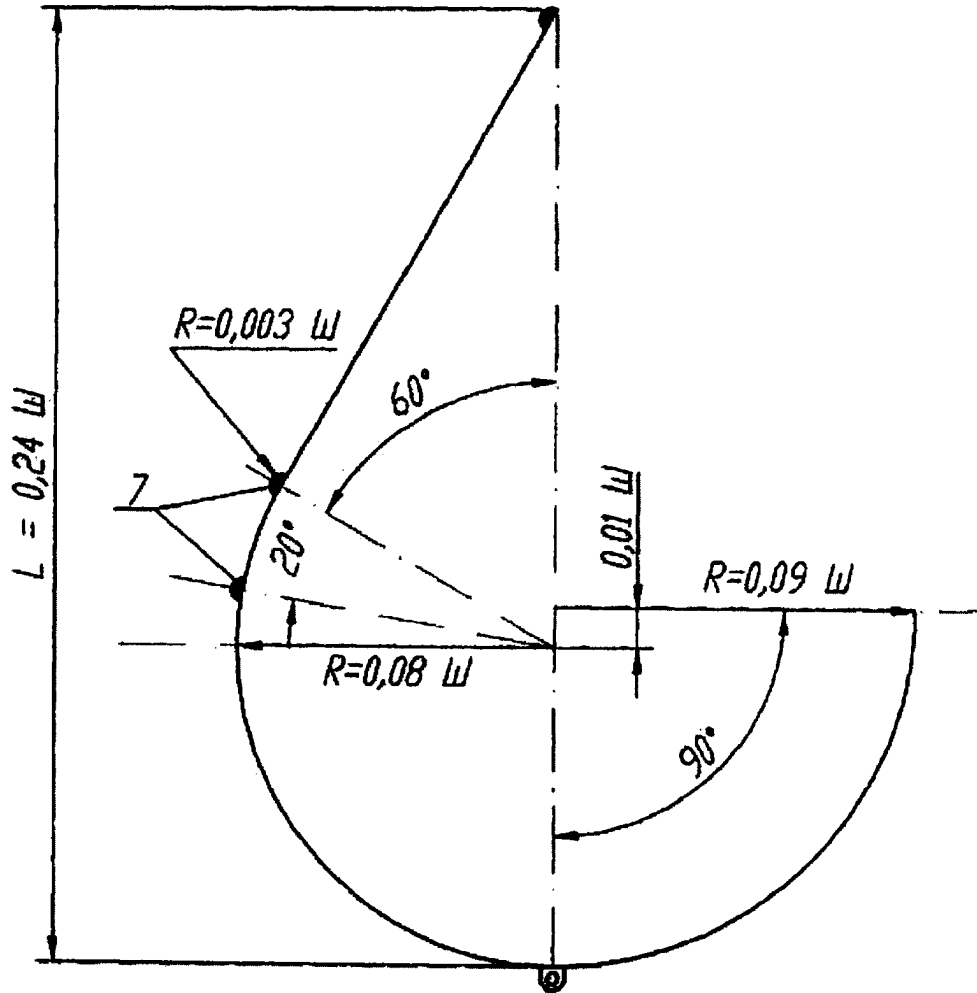
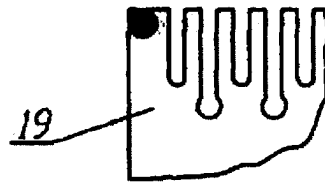
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4