



В.А.Виноградов, д.т.н., начальник отдела технологического оборудования

Национальный институт винограда и вина «Магарач»,

А.Д.Шанин, ст. преподаватель кафедры пищевых технологий,

К.А.Ковалевский, к.т.н., доцент, профессор кафедры пищевых технологий,

О.И.Мамай, к.т.н., доцент, заместитель заведующего кафедрой пищевых технологий

Херсонский национальный технический университет

РАЗРАБОТКА ГИДРОЦИКЛОНОВ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ТВЁРДЫХ ЧАСТИЦ ИЗ ПРОДУКТОВ ВИНОДЕЛИЯ

Гидроциклоны представляют класс вихревых аппаратов, предназначенных для разделения жидких неоднородных систем (суспензий, нестойких эмульсий и газосодержащих жидкостей) в поле центробежных сил [1]. Благодаря простоте конструкции, компактности, высокой удельной производительности и надежности гидроциклоны получили широкое распространение в химической, нефтедобывающей, горнорудной, пищевой отраслях промышленности, в энергетике, металлургии, а также в системах очистки промышленных и бытовых сточных вод [2-5]. Эти аппараты выгодно отличаются возможностью применения в непрерывных замкнутых технологических циклах и в безотходных производствах с обеспечением сравнительно высокого качества разделения смесей. Фактор разделения в гидроциклонах составляет 500...2000, а в высоконапорных гидроциклонах и мультициклонах - до 5000.

Практическое применение гидроциклонов в ряде отраслей промышленности (сахарной, крахмало-паточной, масложировой, консервной и др.), а также положительные результаты исследований по осветлению сула и виноматериалов, суспензий при переработке вторичных продуктов виноделия свидетельствуют о возможности использования этого типа аппаратов в виноделии. В виноделии гидроциклоны применялись для отделения виннокислой извести от маточного раствора, для отделения крупных взвесей от сула при подаче его на сепаратор, для очистки сахарного сиропа в плодово-ягодном производстве, для отделения кристаллов винного камня из виноматериала и др. [6-12]. За рубежом гидроциклоны на винозаводах используются, как правило, для удаления песка из сула для защиты от износа дорогостоящих барабанов сепараторов [13, 14].

Гидроциклоны представляют интерес ввиду простоты конструкции, отсутствия вращающихся частей, малым габаритным размерам и большой производительности. Однако, несмотря на кажущуюся простоту конструкции гидроциклона разработка работоспособного и надёжного аппарата требует проведения большого комплекса экспериментальных работ. Практика применения гидроциклонов показывает, что опыт их установки нельзя механически переносить с одного объекта разделения на другой. Внедрение и использование гидроциклонов в виноделии сдерживается также относительно низким по сравнению с другими аппаратами эффектом разделения.

Приведены результаты исследований по применению гидроциклонов для отделения твёрдых частиц из различных винодельческих сред.

Ключевые слова: виноградные семена, сусло, регулируемое сечение, вращающийся активатор, эффект разделения.

Конструкция гидроциклона, состоящая из цилиндрикоконического корпуса с двумя штуцерами для ввода жидкости и вывода ее после отделения твердых частиц, а также отверстия в нижней части корпуса, удобна и надежна в работе. Однако для достижения необходимого эффекта разделения на гидроциклоне необходимо тщательно аналитически обосновать и экспериментально определить необходимые параметры размеров его частей.

Одним из путей регулирования процесса отделения твёрдых частиц из суспензии является изменение сечения отверстия нижнего слива с помощью изменения конструкции всей конической части или ее нижней части.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния конструкции гидроциклонов на эффективность отделения твёрдых частиц из различных суспензий и определение их оптимальных параметров.

Исследования проводили на гидроциклонах, конструкция которых приведена на рис. 1, 2, 3. В первой конструкции гидроциклона (рис.1) предложено по центру цилиндрикоконического корпуса установить стержень с возможностью изменения его длины за счет резьбового соединения с крышкой корпуса сверху, а также за счёт изменения длины вертикальной части выводного патрубка внутри корпуса. Эта конструкция нашла применение для отделения твердых включений от виноградного и плодово-ягодного сула (сока), отделения виннокислой извести. Кроме этого с помощью такой конструкции можно определять параметры для конструирования гидроциклонов для других продуктов, например, для отделения виноградных семян из потока воды с выжимкой.

В результате проведенных исследований определены оптимальные параметры гидроциклонов при отделении различных твёрдых частиц, представленные в табл. 1.

Ранее были предложены гидроциклон для осветления диффу-

зионного сока, полученного на экстракторе непрерывного действия РЗ-ВЗА [15-17] (рис. 2), а также опытная модель гидроциклона с вращающимся стержнем и активатором (рис 3) [18].

Гидроциклон для осветления диффузионного сока (рис.2) состоит из цилиндрикоконической ёмкости 1, имеющей отверстие 2 для вывода осадка, тангенциально установленного патрубка 3 для подачи суспензии, подлежащей осветлению, патрубка 4 для отвода осветленной фазы, штока 5, установленного внутри ёмкости 1 по её оси,

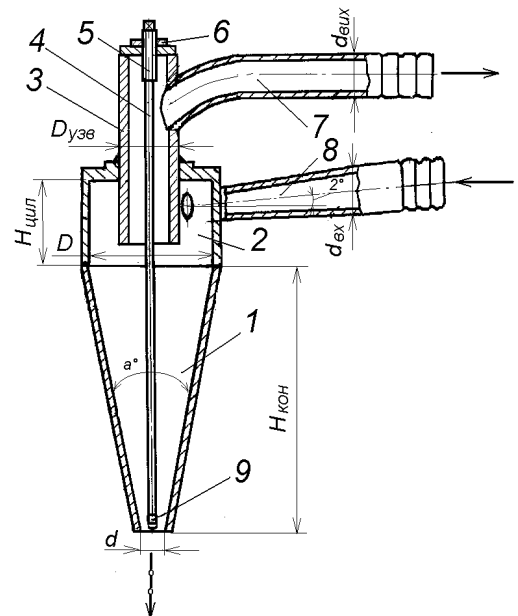


Рис. 1. Гидроциклон с регулируемым сечением отверстия вывода осадков: 1 – коническая часть корпуса; 2 – цилиндрическая часть корпуса; 3 – узел вывода осветленной части продукта; 4 – стержень клапана регулирования сечения отверстия выхода осадков; 5 – часть стержня с резьбой; 6 – контргайка; 7 – штуцер вывода осветленного продукта; 8 – штуцер ввода продукта; 9 – клапан. D – внутренний диаметр цилиндрической части и верхней конической; Дузв – патрубка верхнего слива; d – диаметр нижнего слива; d_{вх} – диаметр патрубка входа суспензии; d_{вых} – диаметр патрубка выхода суспензии; дигл – стержня; H_{кон} – высота конуса; H_{цил} – высота цилиндрической части; α° – конусность.

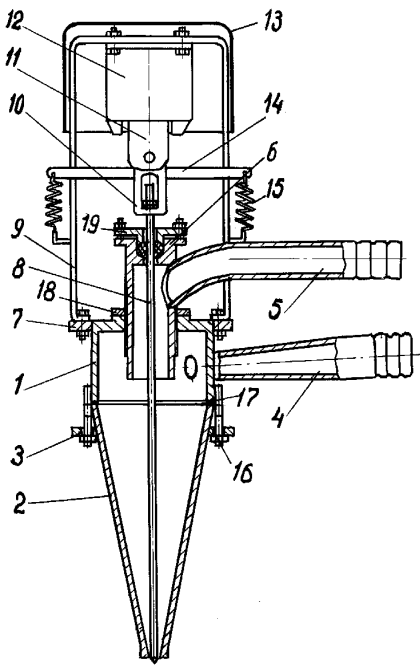


Рис. 2. Гидроциклон для осветления диффузионного сока экстрактора

оканчивающегося игольчатым клапаном 6 и снабженного электромагнитным приводом. Электромагнитный привод состоит из электромагнита 7 с тягой 8, планки 9, размещенной на стойке 10, пружины 11, воздействующей на планку 9, причем один конец планки 9 связан с тягой 8, а другой - с верхним концом штока. От перемещения вверх планку 9, а следовательно, и шток удерживают гайки 12. Последние служат также для регулиро-

вания положения игольчатого клапана 6 по отношению к отверстию 2, т. е. с их помощью можно регулировать площадь сечения этого отверстия.

Гидроциклон имеет узел автоматического управления электромагнитным приводом штока. В него входят установленный непосредственно под отверстием 6 лоток 13, уравновешивающая пружина 14 и выключатель 15, связанный с электромагнитным приводом штока.

Работает гидроциклон следующим образом. В емкость 1 по патрубку 3 подается неосветленный сок. Под действием центробежных сил, возникающих в связи с завихрением жидкости в емкости, примеси, обладающие большей плотностью, чем жидкая фракция, отбрасываются к периферии емкости и направляются по ее конической части к отверстию 2. Через кольцевой зазор, образованный краем отверстия 2 и игольчатым клапаном 6, осадок 5 выводится из устройства. Осветленный сок под действием давления входящего в емкость неосветленного сока выводится из емкости по патрубку 4.

Выходящий из отверстия 2 осадок, воздействуя на лоток 13, уравновешивает пружину 14, и клапан 15 находится в разомкнутом состоянии.

По мере засорения кольцевого зазора между отверстием для выхода осадка и клапаном 6 гидродинамическое давление струи осадка на лоток снижается, и как только усилие пружины 14 превысит это давление, лоток 13 нажимает на выключатель 15. Последний выключает электромагнит 7 и под действием его усилия, превышающего действие пружины 10, шток с клапаном на конце опускается (не более чем на 30 мм) и продавливает образовавшийся в отверстии сгусток осадка. Последний, падая, ударяет по лотку 13, при этом срабатывает выключатель 15, включающий электромагнит 7. Под действием пружины тяга 8, планка 9 и шток 5 с клапаном возвращаются в исходное положение. Положение патрубка 4 можно регулировать, так как он вернут в боышку 16, установленную на корпусе емкости

1. Последний, падая, ударяет по лотку 13, при этом срабатывает выключатель 15, включающий электромагнит 7. Под действием пружины тяга 8, планка 9 и шток 5 с клапаном возвращаются в исходное положение. Положение патрубка 4 можно регулировать, так как он вернут в боышку 16, установленную на корпусе емкости

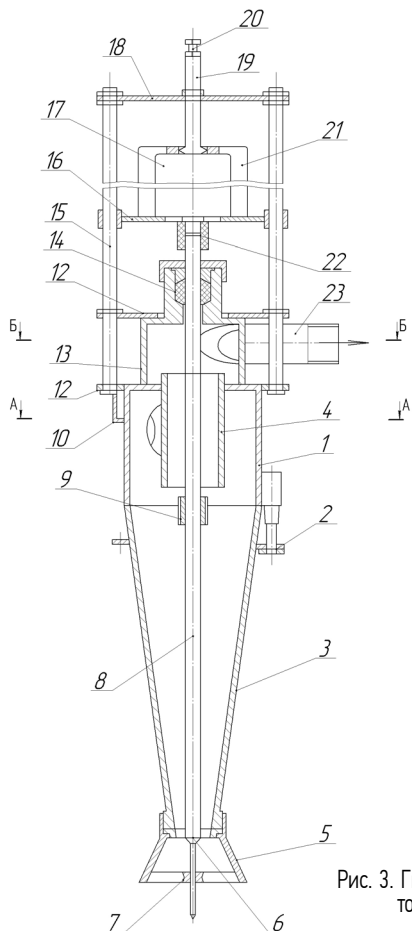


Рис. 3. Гидроциклон с вращающимся активатором

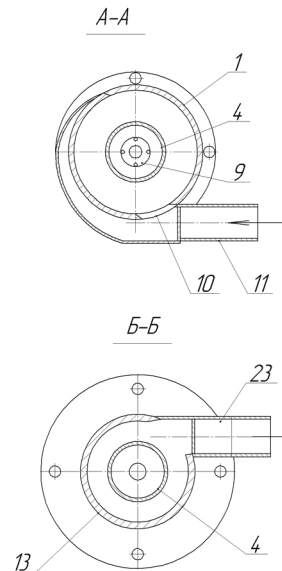


Таблица 1
Параметры гидроциклонов для разных твёрдых частиц

Параметры, мм	Для взвесей сока, суслу	Для виноградных семян	Для частиц канализационных стоков
D	60	100	120
D	20	30	40
D _{ув}	45	50	76
d _{вх}	40	50	70
d _{вых}	40	50	70
d _{игл}	8	10	12
H _{юн}	143	198	226
H _{цпл}	20	30	40
α° (град)	20	20	20

состав взвешенных частиц входят и мелко-дисперсные взвеси. Повторное пропускание диффузионного сока через гидроциклон позволяет очистить его от твёрдых частиц, оставшихся после первой очистки, на 30%. Третья и четвёртая очистки дают весьма незначительные результаты.

Гидроциклон проверен также в работе по разделению суспензий виннокислой извести (ВКИ). Использование гидроциклона с возвратом первых порций осветлённой жидкости позволяет полностью разделить суспензию с небольшими потерями.

Гидроциклон с вращающимся активатором предназначен для очистки суспензий продуктов виноделия, сточных вод и других загрязнённых жидкостей от крупных взвесей (рис. 3). Его отличием является наличие вращающегося активатора, выполняющего как роль механизма, увеличивающего центробежное воздействие на частицы, так и роль подвижного (по вертикали) клапана, способствующего регулированию выходного сечения для осадка.

С целью улучшения распределения сил, способствующих повышению скорости потока, вводной патрубок выполнен в виде полукольца с вводом суспензии через два диаметрально расположенных тангенциальных выреза в цилиндрическом корпусе.

Привод вращающейся иглы с активатором осуществляется от электродвигателя, установленного на площадке скользяще установленной в направляющих стойках и соединённой с винтовым механизмом передвижения в вертикальном направлении.

Гидроциклон состоит из цилиндрического корпуса 1 с плоской крышкой сверху и фланцевым соединением 2 снизу, которым соединяется с коническим корпусом 3. По оси цилиндрического корпуса установлен центральный патрубок 4. Конический корпус 3 заканчивается боышкой с резьбой, на котором крепится раструб 5. Раструб 5 является и деталью крепления сменного патрубка 6 и направляющей втулки 7.

По оси цилиндрического корпуса установлена внутри игла 8, с закреплённым на ней активатором 9.

В цилиндрическом корпусе выполнены отверстия 10, расположенные диаметрально и врезанные тангенциально относительно корпуса. К корпусу закреплен полцилиндрический штуцер ввода суспензии 11. К крышке 12 цилиндрического корпуса 1 крепится камера слива 13, в которую из цилиндрического корпуса введен централь-

Проведенные исследования и испытания гидроциклона показали его эффективность. Суспензия, содержащая 5-8% взвешенных частиц перетёртой выжимки и пропущенная один раз через гидроциклон с подачей до 15 м³/ч, освобождается от них на 50-60%. При этом следует учесть, что в



Таблица 2

Результаты испытаний гидроциклона при отделении виноградных семян

Вид сырья	Время обработки, мин	Тип работы	Эффект отделения, %	Количество воды с осадком, %	Количество повторностей
Семена	6	С вращающейся иглой	88	3,5	2
Семена	6	Без вращения иглы	88	3,5	2
Семена	6	Без иглы	80	12,5	2
<i>Конус № 2</i>					
Семена	15	С вращающимся активатором	80	15	5
Семена	15	Без иглы и активатора	72	7,5	5
Семена	15	Без активатора с вращающейся иглой	93	6,5	5
Семена	15	Без движения иглы	97	5	5

ный патрубок 4. Камера 13 сверху выполнена в виде сальникового устройства, уплотняющего зазор между корпусом и иглой 8. На стойках 15 жестко закрепленных к крышке 12 скользяще установлена площадка 16 электродвигателя 17. Стойки 15 сверху соединены крестовиной 18, в центре которой установлена бобышка 19, в которой крепится винт 20, шарнирно соединенный с площадкой 16 и подвеской 21. Вал электродвигателя 17 соединен с иглой 8 эластичной муфтой 22.

Работает гидроциклон следующим образом. Суспензия подается под давлением насоса 0,1-0,2 МПа через штуцер ввода суспензии 11. Разделившись на равномерных потоках суспензия входит в цилиндрический корпус и, вращаясь, спускается к сливному штуцеру 6. При этом за счет центробежных сил, вращающийся поток разделяется по плотности. Более плотные частицы движутся по конической поверхности и уходят через сливной штуцер. А более легкая фаза, вращаясь, поднимается вверх через центральный патрубок 4, камеру слива 13 и патрубок верхнего слива 23. Так как игла 18 вращается в направлении вращения потока, она своей поверхностью установленного на ней активатора 9 ускоряет вращение жидкости, поднимающейся к патрубку верхнего слива. Этим самым улучшается отделение от потока жидкости твердых частиц, которые отбрасываются в поток движущейся по поверхности конического корпуса. С помощью винта 20, бобышки 19, закрепленной к приставке 18 площадка 16 с установленным на ней электродвигателем 17 может быть поднята или опущена. Вместе с двигателем 17 передвигается в вертикальном положении и игла 8 с активатором 9, связанная с валом электродвигателя 17 эластичной муфтой 22. Таким образом регулируется сечение входного штуцера 6 и выход осадка.

Для различных суспензий конические корпуса были изготовлены различной длины и угла конуса. Игла при вращении хвостовиком опирается на направляющую втулку 7, закрепленную к направляющему раст-

рубку 5, который гасит скорость вращения выбрасываемого осадка.

За счет улучшения распределения потока при входе в гидроциклон, повышения скорости вращения потока вращающейся иглой и активатором эффект разделения суспензии увеличивается на 15-20%.

Исследования показали, что при однократном пропускании смеси через гидроциклон эффект очистки достигает около 50%. Поэтому было принято решение пропускать один и тот же объем многократно через гидроциклон. Гидроциклон был выполнен в трех вариантах, т.е. различный угол наклона и различная длина конуса. Результаты испытаний гидроциклона по отделению виноградных семян приведены в табл. 2. Данные показывают, что без иглы эффект очистки от семян достигает 88%, и наименьшее количество жидкости уходит с семенами. Опыты проводились с двукратным прохождением объема суспензии через гидроциклон (конус 1), а также больше времени (конус 2). Увеличение времени прохождения жидкости через гидроциклон приводит к увеличению эффекта отделения семян.

Проводились также исследования по отделению виноградных семян, которые смешивались с дрожжевой бардой. Эффект очистки в данном случае был лучше из-за равномерного распределения семян во всем объеме суспензий.

За счет улучшения распределения потока при входе в гидроциклон, повышения скорости вращения потока вращающейся иглой и активатором эффект разделения суспензии увеличивается на 15-20%.

Для дальнейшего изучения эффективности разделения каждого продукта необходимо провести испытание гидроциклона с увеличенной высотой и диаметром цилиндрической части корпуса и изготовления конической части с разными углами конусности и величины отверстия для нижнего слива из стекла. Особенно это перспективно при применении гидроциклона для отделения семян от воды с легкими взвесями (кожицей). Исследования будут продолжены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1971. – 784 с.
2. Боголюбовский С.Д. Исследование работы гидроциклонов и их совершенствование. Экспресс-информация. Зарубежный опыт. М.: ЦНИТИХИМНЕФТЕМАШ, 1986. – 6 с.
3. Шипунова Н.С. Методы расчета гидроциклонов (обзор). М.: ЦНИИТЭИ-легпищемаш, 1971. – 85 с.
4. Dahlstrom D.A. Fundamental applicatoohs of the liquid cyclone // Chemical Engineering Progress, Symposium Series, 1954. – Vol. 50, 15. – P. 41-61.
5. Акопов М.Г., Классен В.И. Применение гидроциклонов при обогащении углей. – М.: Гостехиздат, 1960. – 315 с.
6. Виноградов В.А. Оборудование винодельческих заводов. – Т.1. – Симферополь: Таврида, 2002. – 416 с.
7. Зайчик Ц.Р., Литвинов А.К., Казначеева О.А. Применение гидроциклонов в виноделии. – М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1978. – №8. – С. 1-5.
8. Применение гидроциклонов в первичном виноделии / Масликов В.А., Нечаев В.П., Яковлев П.М., Годин К.Г. // Виноделие и виноградарство СССР. – 1966. – №4. – С.39-42.
9. Литвинов А.К., Селихов И.П. Исследование работоспособности гидроциклонов методом математического планирования // Научно-технический реферативный сборник «Винодельческая промышленность», 1980. – Вып. 8. – С. 14-18.
10. Литвинов А.К. Исследование работы гидроциклонов при освещении виноматериалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.02.14 «Машины и аппараты пищевых производств» / А.К. Литвинов. – М., 1980. – 25 с.
11. Орай Ю.А., Жданович Г.А. Определение оптимальных эксплуатационных характеристик гидроциклона для разделения суспензии «виноградные семена-сусло» // Виноделие и виноградарство СССР. – 1975. – №8. – С.42-44.
12. Разуваев Н.И. Комплексная переработка вторичных продуктов виноделия. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 168 с.
13. Chiarificatori e dekanter nelle cantine vinicole. Italia. Milano: 1983. – 40 с.
14. Системы и технологические процессы от ГЕА Вестфалия Сепаратор для виноделия. Каталог концерна GEA GROUP. – М.: ООО «ГЕА Вестфалия Сепаратор Си Ай Эс», 2013. – 66 с.
15. Ковалевский К.А., Бандура В.Н., Ореханов В.З. Гидроциклон. А. с. СССР № 380357, В 04с 5/181, 29.07.1973.
16. Ковалевский К.А., Бандура В.Н. Применение гидроциклонов для разделения продуктов виноделия. – М.: ЦНИИТЭИПП. – Реф. сб. «Виноделие». – 1974. – № 4.
17. Ковалевский К.А. Гидроциклон экстрактора РЗ-ВЗА // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии, 1981. – №6. – С.41-42.
18. Комплексная технология переработки дрожжевых осадков и нестандартного плодово-ягодного сырья / В.А. Виноградов, А.Д. Шанин, К.А. Ковалевский, О.И. Мамай // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2012. – №1. – С. 32-34.

Поступила 12.08.2013
 © В.А.Виноградов, 2013
 © А.Д.Шанин, 2013
 © К.А.Ковалевский, 2013
 © О.И.Мамай, 2013