

СПЕЦИАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

МОДУЛЬ 6

ФЛОТАЦИОННЫЕ МАШИНЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

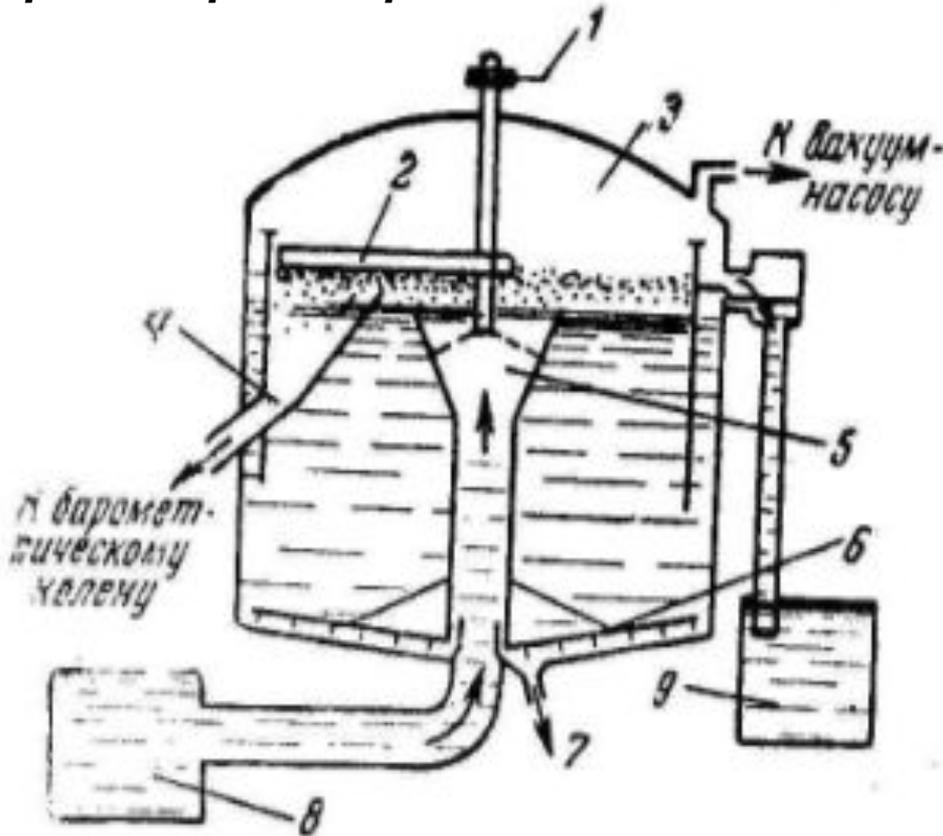
Лекция 1

**Лозовая Светлана Юрьевна, д.т.н., проф. Кафедры
механического оборудования**

**г. Белгород,
2011 г.**

ФЛОТАЦИОННЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВОД И РАСТВОРОВ

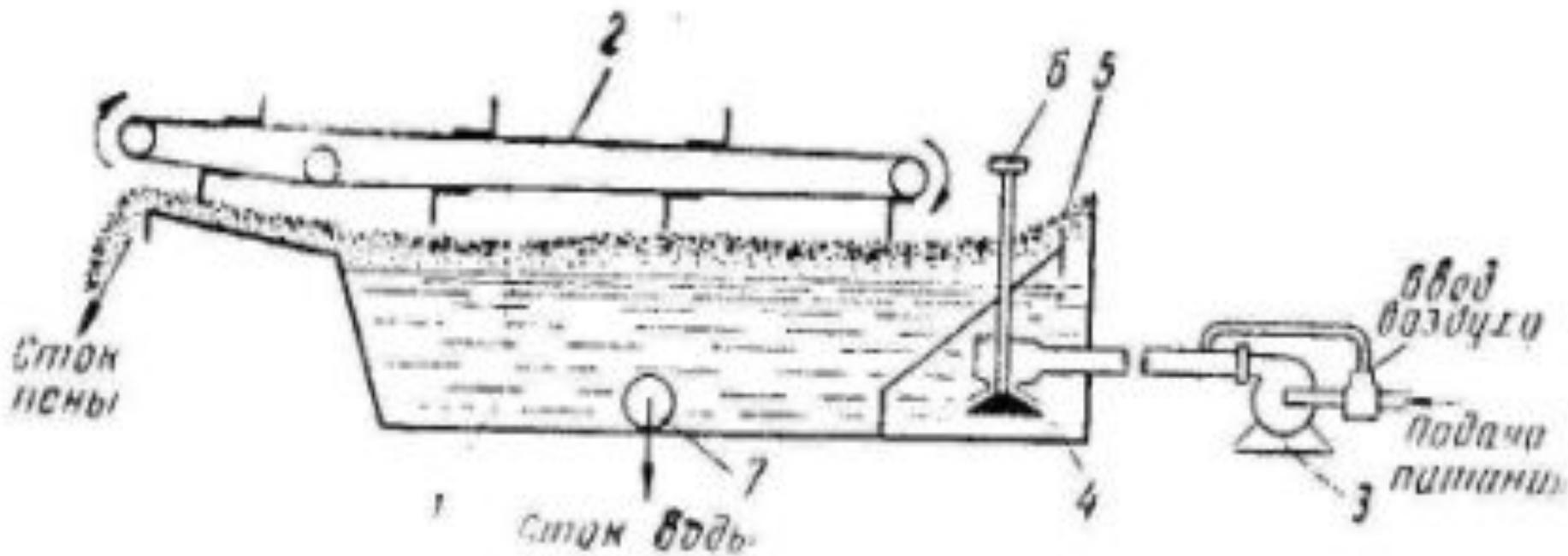
Флотацией очищают воды от нефтяных эмульсий, мыл, масел, бактерий, коллоидной серы, отделяют битумы от песков, типографскую краску от бумажной массы, твердые примеси от раствора сахара и т. д.



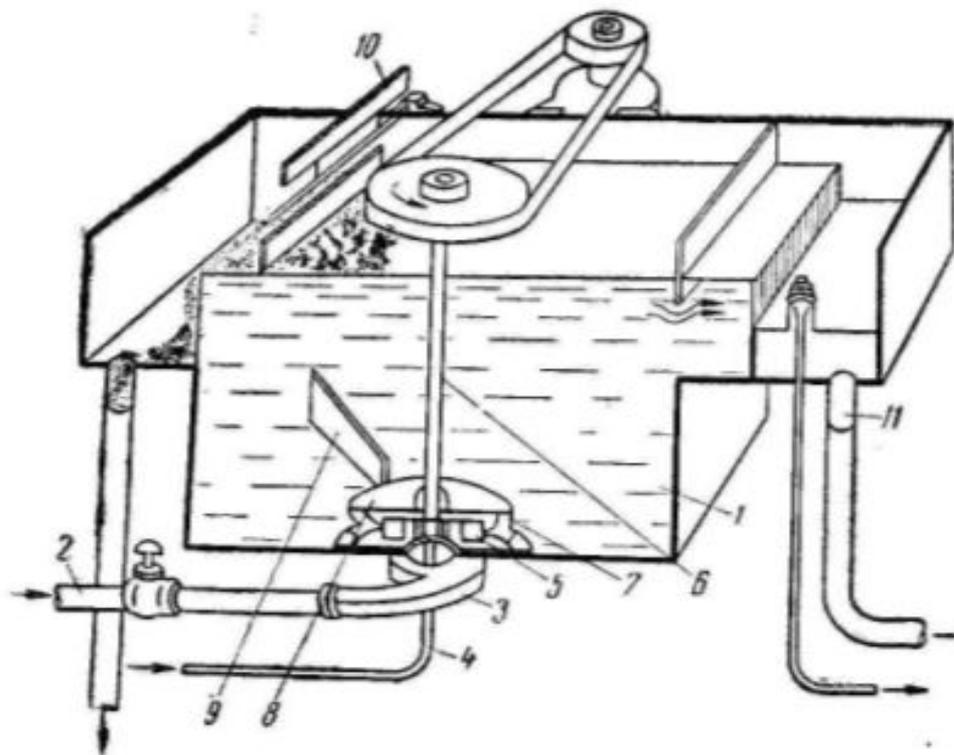
Вакуумная ФМ «Клеменса», используется для очистки вод мясоперерабатывающих заводов. ФМ состоит из камеры снижения давления, в которой вращаются гребки 6 для удаления песков. Исходный продукт под воздействием атмосферного давления из емкости 8 вводится снизу через центральную трубу и воронку 5. Крупные частицы под влиянием силы тяжести оседают на дно чана и сгребаются гребками к центральной выпускной трубе 7, а тонкие частицы жира с выделившимися на их поверхности пузырьками всплывают в пенный слой, который удаляется гребками пеногона 2 с приводом 1 в воронку 4. Осветленная жидкость удаляется через трубу в сборник 9.

ФМ специального назначения

Для извлечения древесных волокон из сточных вод деревоперерабатывающих и бумажных фабрик применяется флотационная машина «Джуля». Машина состоит из ванны 1 прямоугольного сечения, пульпа вначале насыщается сжатым воздухом при избыточном давлении в центробежном насосе 3, затем в специальном устройстве 4 с регулировочным клапаном 6 обеспечивается понижение давления, обуславливающее выделение растворенных газов на твердых частицах. Жидкость, содержащая пузырьки и частицы, переливается через порог 5 в ванну 1, с поверхности которой пена удаляется гребенками 1, укрепленными на бесконечной ленте. Осветленная жидкость выводится из ванны через сливной патрубков.



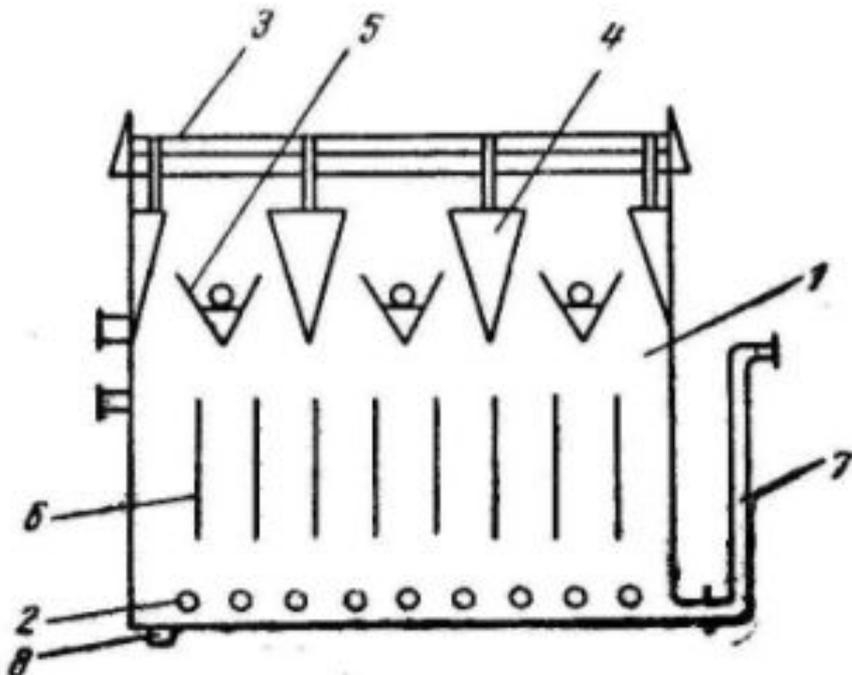
ФМ для восстановления газетной бумаги - очистке бумажной массы от типографской краски состоит из ванны 1, в которую исходный материал по трубе 2 тангенциально подается в вихревую камеру 3, куда одновременно по трубе 4 подается сжатый воздух. Пульповоздушная смесь из камеры 3 поступает в зону импеллера 5, вращающегося на валу 6. Импеллер сверху прикрыт сплошным диском 7, к которому по его периметру прикреплена цилиндрическая решетка 8. На днище ванны расположенные направляющие пластины 9. Пенный продукт удаляется пеноъемником 10, а очищенный сливается с обратной стороны от пенного порога через сливную трубу 11.



Ванна 1 в верхней части имеет сужение для улучшения удаления пены. Применение вихревого устройства, снижает энергозатраты, а установка цилиндрической решетки взамен статорных лопаток обеспечивает тонкое диспергирование воздушных пузырьков, что улучшает извлечение топких частиц типографской краски.

Для очистки воды от примесей при производстве искусственных волокон

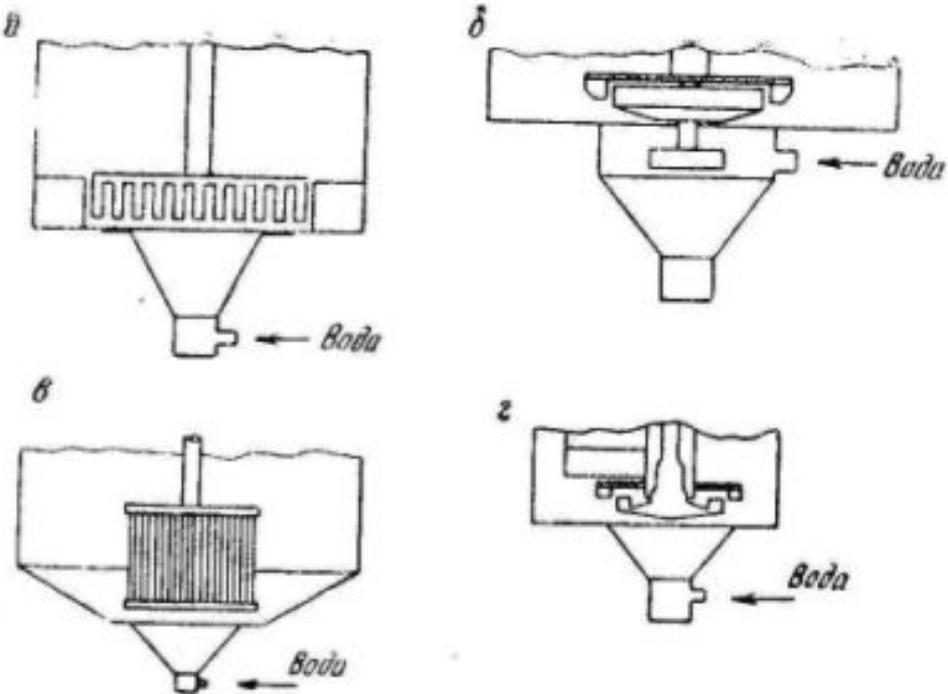
используется пневматическая ФМ, состоящая из корыта 1, у дна которого поперечно камеры и параллельно друг другу установлены трубы 2 с отверстиями для воздуха. В верхней части на раме 3 устанавливаются подвижные в вертикальной плоскости дефлекторы 4 U-образной формы.



Между дефлекторами имеются пенные желоба 5. Внутри камера разделена перфорированными перегородками 6. Ввод пульпы осуществляется через трубу 7, а вывод очищенной жидкости через трубу 8.

Отличительной особенностью ФМ является возможность изменения площади пеноотстоя в результате передвижения в вертикальной плоскости U-образных дефлекторов 4.

ФМ для флотации крупных частиц

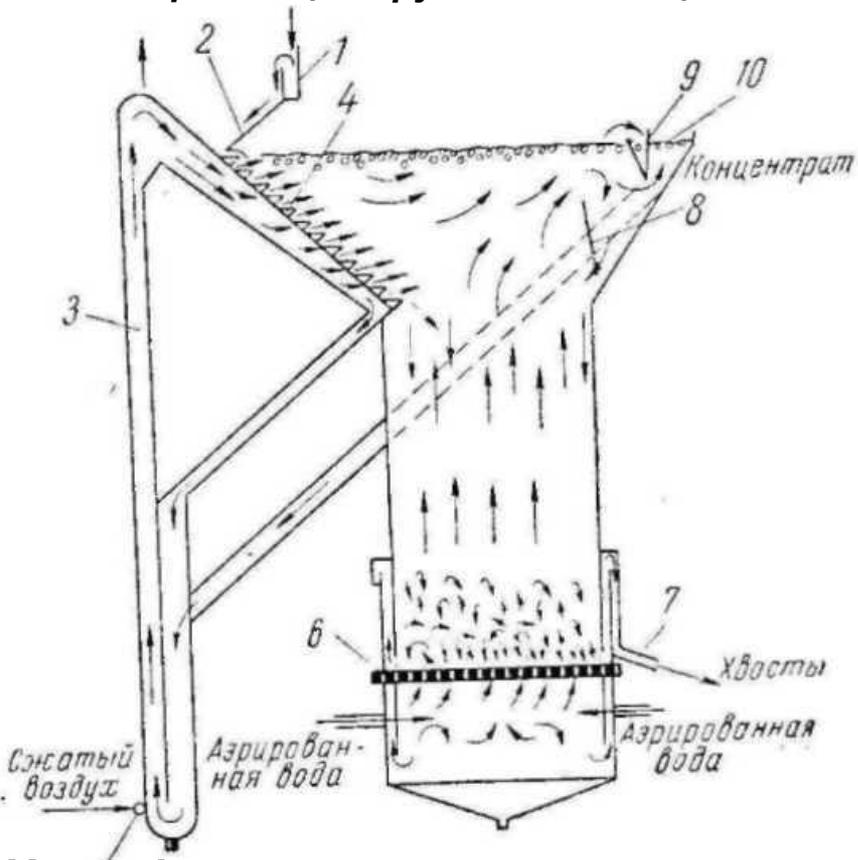


В США используют ФМ с гидравлическими ловушками, для улавливания крупнозернистых ценных компонентов из рудных пульп.

Пульпа в гравитационной ловушке приобретает вращательное движение в результате вращения импеллера или специальной мешалки, расположенной соосно на одном валу с импеллером.

Регулируя зазор между импеллером и конусом ловушки, а также высоту лопастей, диаметр разгрузочного патрубка и количество подаваемой через тангенциальный патрубок воды, можно управлять режимом осаждения минеральных зерен. Продукты, получаемые в ловушках, направляют на дополнительную обработку (доизмельчение, классификацию и т. п.).

ФМ для флотации крупных частиц



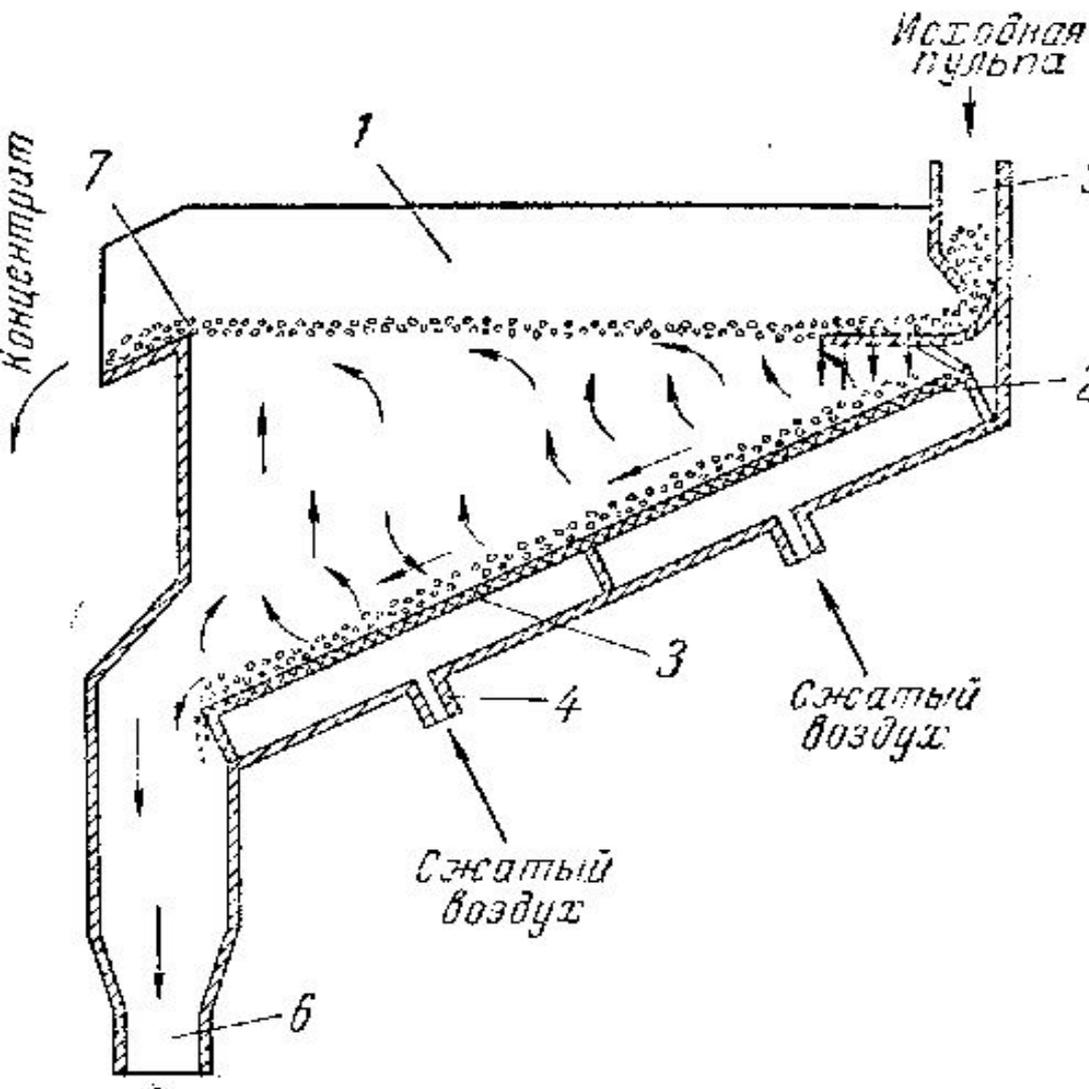
Эжекторноаэролифтная машина

Пульпа, содержащая 50—70% твердого, подается в желоб 1, затем переливается на плоскость 2, и решетку 4 в зону максимальной аэрации воздуха, выходящего из аэролифта 3. Решетка 4 устанавливается под углом естественного скольжения зерен в жидкости (28—35°). Частицы, в зоне повышенной аэрации, частично флотируются и остаются в пенном слое. Остальные частицы под действием силы тяжести сползают по решетке вниз и частично флотируются.

Неотфлотированные частицы осаждаются на дно камеры и дополнительно флотируются в кипящем слое, создаваемом потоками на решетке 6. Кипящий слой поддерживается на уровне (0,2—0,3 м). Хвосты из машины разгружаются через патрубок 7.

Пенный продукт, пройдя зону отстаивания, создаваемую перегородкой 8, разгружается самотеком в желоб 9 или засасывается в аэролифт.

Во ФМ пенного продукта осуществляется вследствие направленной циркуляции потоков жидкости от аэролифта к пенному желобу и далее за пенный желоб через окна в боковые желоба обратно в аэролифт.

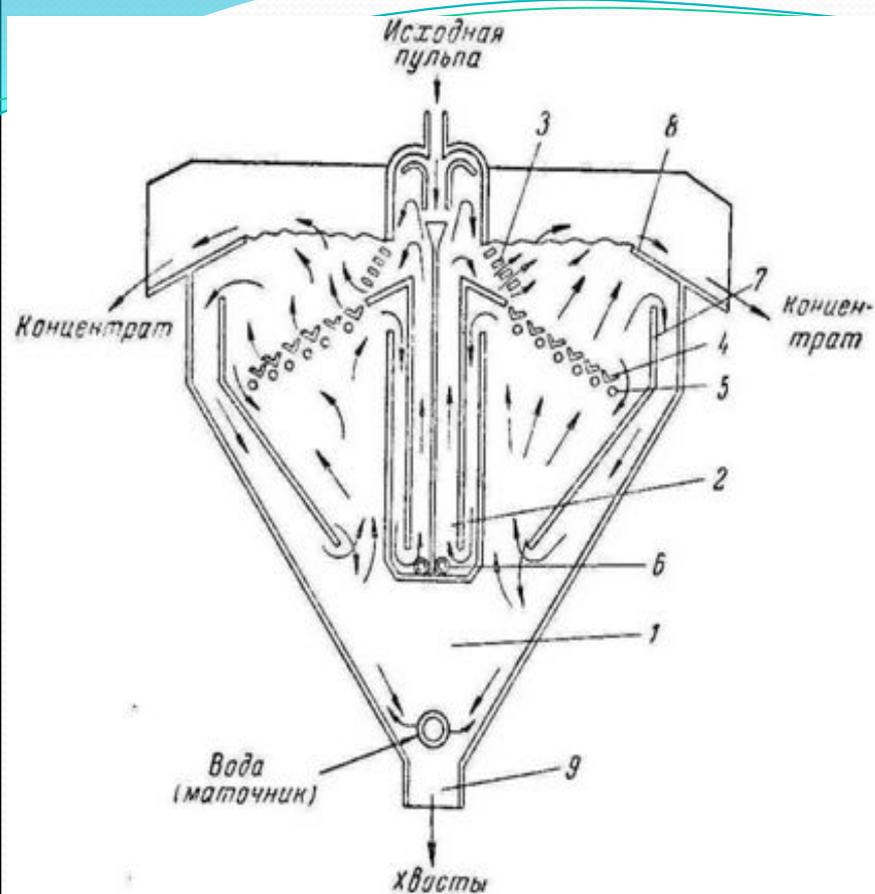


Мелкая пневматическая ФМ имеет камеру 1 с пористым дном, угол наклона которого близок к углу естественного скольжения минералов в жидкости (28—35°). Днище 2 из фильтрационной ткани через которую подается сжатый воздух. Под днищем установлены короба 3, в которые подается воздух через патрубки 4. Пульпа подается в устройство 5 по всей ширине машины на уровне пенного слоя. Частицы скользят по наклонному дну, минерализуясь пузырьками, всплывая в пенный слой удаляются через пенный порог 7. Частицы пустой породы разгружаются через хвостовой патрубок 6.

ФМ для флотации крупных частиц

В **Аэролифтной ФМ** загрузка осуществляется в аэролифт 2, в котором исходная пульпа смешивается с аэрированными потоками пульпы и выбрасывается вместе с ними в зону флотации. Образование пузырьков во ФМ обеспечивается при диспергировании воздуха в аэролифте и при продавливании сжатого воздуха через трубчатые пористые резиновые аэраторы, устанавливаемые под наклонной решеткой.

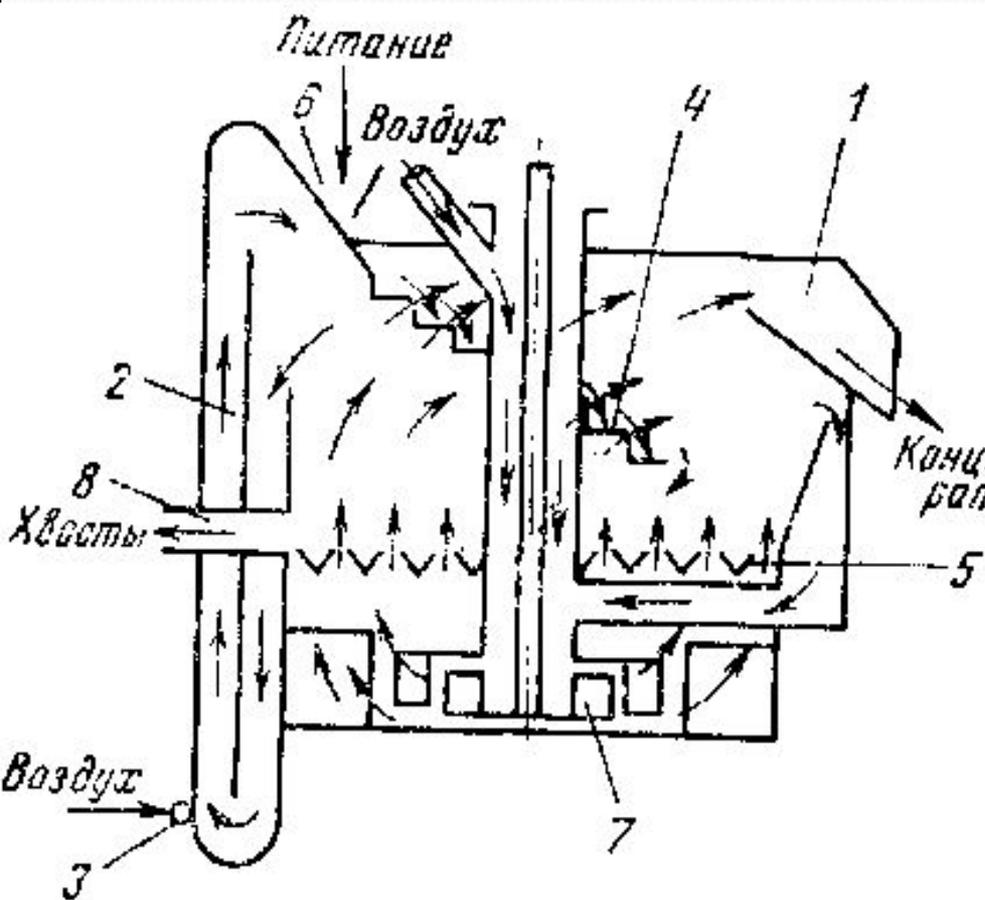
Частицы, достигшие конца наклонной решетки, падают под действием силы тяжести на дно машины и разгружаются из нее. Прикрепившиеся к пузырькам частицы всплывают в пенный слой, который с перемещается к пенному порогу под действием горизонтальных потоков, создаваемых внутрикамерной циркуляцией пульпы.



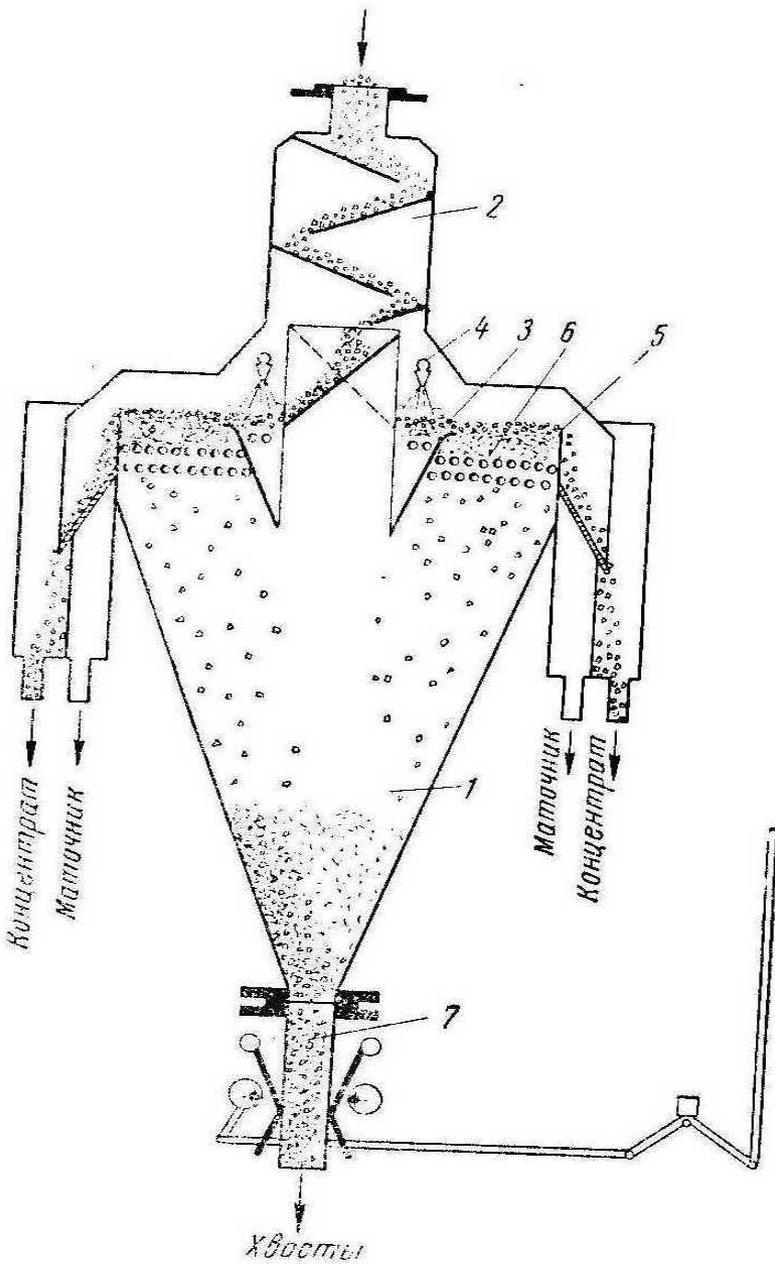
1 — камера; 2 — аэролифт; 3 — распределительные решетки; 4 — наклонные решетки; 5 — трубчатые аэраторы; 6 — трубы для подачи воздуха в аэролифт; 7 — желоба для циркуляции; 8 — пенные пороги; 9 — разгрузочный патрубок.

Аэролифтно-механическая флотационная машина с кипящим слоем

имеет камеру 1, у задней стенки установлен по всей ширине аэролифт 2, с перфорированной трубой 3 для подвода сжатого воздуха. Крышка аэролифта внутри камеры переходит в наклонную беспровальную решетку 4, ее живое сечение до 30% с углом наклона 30° . Внутри камеры установлена решетка 5 с живым сечением 20% и с уклоном $3-5^\circ$. У начала наклонной решетки 4 в задней части камеры устройство 6, распределяющее исходную пульпу по ширине камеры.



Пульпа поступает на решетку 4 в зону повышенной аэрации из аэролифта 2, где большая часть частиц переводится в пенный слой. Несфлотированные частицы через нижнюю решетку из зоны импеллера 7, сползают вниз, достигнув конца решетки 4, осаждаются на решетку 5, где образует кипящий слой. Сфлотировавшиеся частицы всплывают на поверхность камеры в пенный слой, а частицы пустой породы разгружаются в конце решетки 4 через патрубок 8.



состоит из камеры 1, с загрузкой 2. С боков от загрузки, над приемными желобами 3, имеются брызгала 4, в низу расположено разгрузочное устройство 7. Справа и слева от желобов расположены резиновые аэраторы с пористыми стенками 6. Пульпа в желобах 3 аэрируется и разжижается потоками из брызгал 4. Далее пульпа подается на пенный слой, образуемый воздухом через аэраторы 6 под давлением около 1,5 атм. Разгрузка частиц осуществляется в пороги 5. В трубки, у загрузки подается больше воздуха, чем в трубки у пенных порогов, что ускоряет перемещение пены к порогам. Гидрофильные частицы под действием силы тяжести падают на дно камеры 1 и разгружаются через устройство 7.

Данные машины используются для флотации частиц крупностью —3,0+0,8 мм

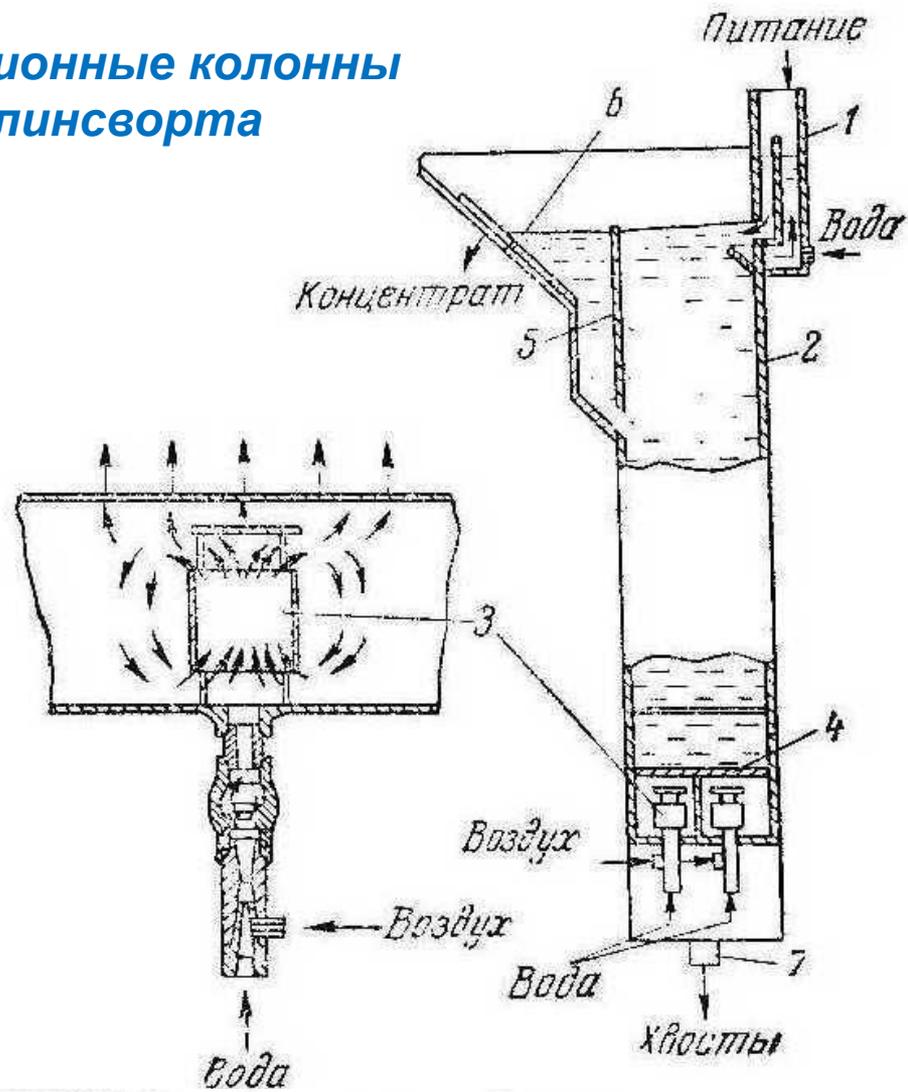
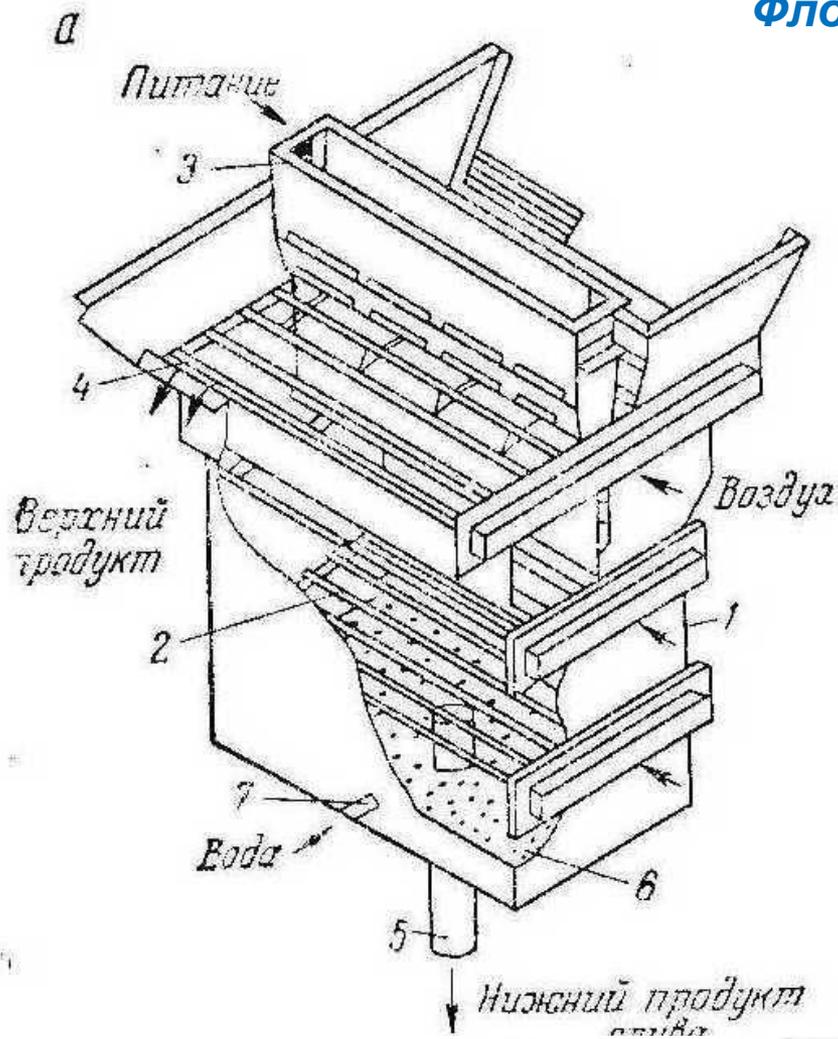
ФМ для флотации крупных частиц

Флотационный желоб 1, имеет камеру с расходящимися стенками снизу вверх и наклонным днищем 2 с перегородками, загрузочный и разгрузочный карманы 3 и 8. Внутри желоба 1 есть аэраторы, в которые подается насыщенный раствор солей из труб 4 и 5 и воздух через трубы 6.



Пульпа загружается в карман 3 по всей ширине, в нижней части подвергается воздействию аэрированных потоков маточника. Всплывшие частицы с пузырьками сливаются вместе с маточником через боковые пороги 7. В аппарате пена при флотации не образуется. Частицы минералов под воздействием аэрированных взмучивающих потоков и силы тяжести перемещаются по наклонному дну желоба и разгружаются через патрубок в конце аппарата.

Флотационные колонны Халинсворта



а — пневматическая флотационная колонна:
 1 — камера; 2 — резиновые трубчатые аэраторы; 3 — загрузочное устройство;
 4 — сливной порог; 5 — разгрузочный патрубок; 6 — перфорированное днище;
 7 — перфорированная труба;

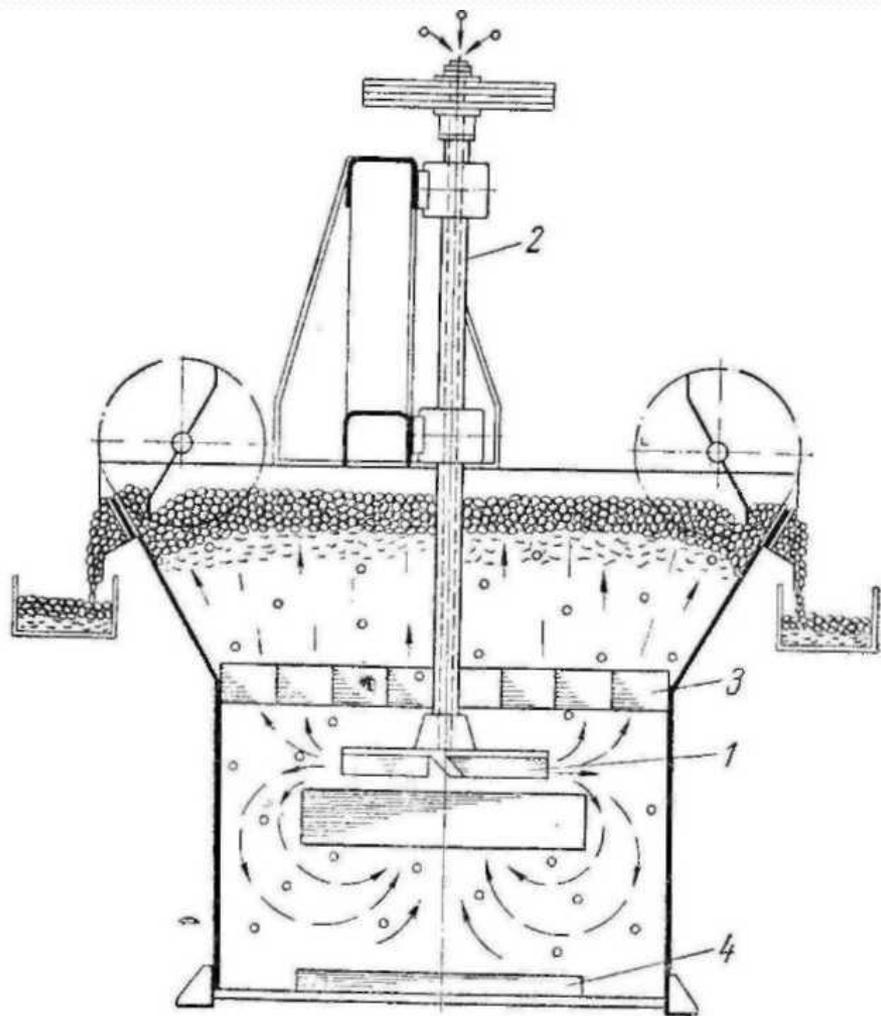
б — эжекторная флотационная колонна:
 1 — загрузочное устройство; 2 — колонна; 3 — эжекторы; 4 — решетка; 5 — перегородка; 6 — пенный порог; 7 — разгрузочный патрубок.

Колонна (а) имеет прямоугольную камеру 1 высотой до 8 м с установленными по высоте в несколько рядов трубчатых резиновых аэраторов. Продукт загружается сверху по всей ширине камеры. Частицы минерализуются при падении через столб аэрированной пульпы. Пенный продукт разгружается с поверхности самотёком через сливной порог. В нижней части колонны имеется ложное перфорированное днище, под которым установлена перфорированная труба для подачи воды, необходимой для разгрузки хвостов. Для улучшения равномерности распределения разгрузочной воды на поверхность перфорированного днища насыпается слой свинцовой дроби.

Колонна (б) круглого или прямоугольного сечения, в которую вода и воздух вместе вводятся через специальный эжектор, расположенный под решеткой. Аэрированная вода под решеткой находится под большим давлением, чем пульпа в остальном объеме, что обеспечивает ее проникновение в надрешетное пространство, в котором она создает достаточную аэрацию пульпы. В верхней части колонны при работе образуется толстый пенный слой, обеспечивающий получение чистого продукта. Камерный продукт разгружается в нижней части с решетки. Исходное питание содержит до 60% твердого.

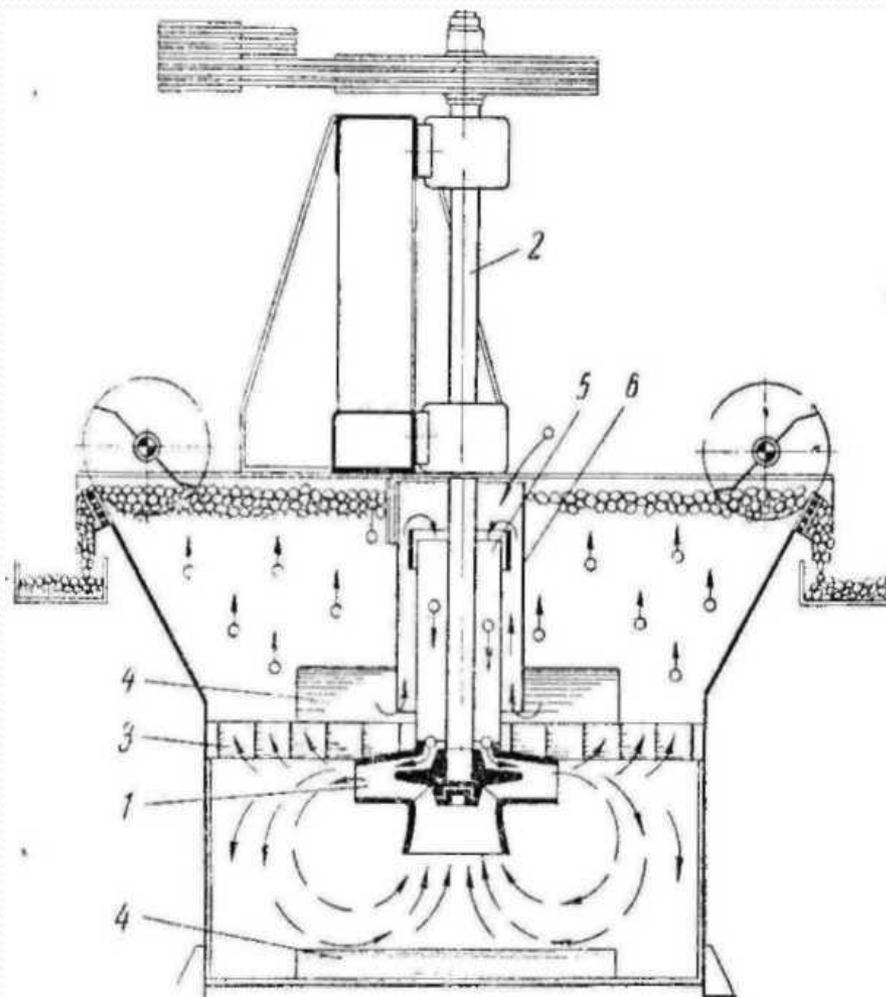
ФМ «Аэрофлоу»:

1-импеллер; 2-полый вал; 3-успокоительная решетка; 4-отражательные пластины.



ФМ «Ведаг»:

1-турбоимпеллер; 2-вал; 3 —
успокоительная решетка; 4 —
отражательные пластины; 5 —
центральная труба; 6 —
обсадная труба.

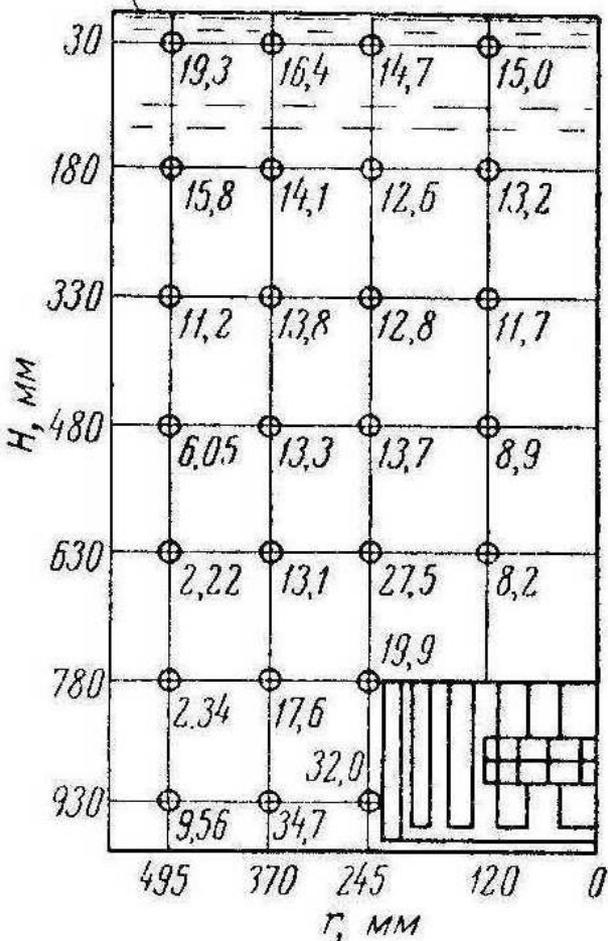


ФЛОТАЦИОННЫЕ МАШИНЫ ДОЛЖНЫ ОБЕСПЕЧИВАТЬ:

- непрерывность процесса;**
- регулируемую и достаточную аэрацию для образования пенного слоя;**
- оптимальную крупность воздушных пузырьков и их равномерное распределение по всему объему пульпы;**
- перемешивание пульпы с таким образом, чтобы все частицы находились во взвешенном состоянии;**
- максимальную частоту столкновения частиц с пузырьками при минимальных относительных скоростях их движения;**
- достаточный путь движения пузырьков в пульпе для их более полной минерализации;**
- полный перевод минерализованных пузырьков в пенный слой;**
- максимальную сохранность минеральной нагрузки пузырьков и возможность возврата частиц пустой породы из пены в пульпу;**
- быстрое и полное удаление минерализованной пены из машины;**
- удобную и простую разгрузку хвостов;**
- эффективное использование мощности и производственного пространства;**
- минимальный износ и простоту замены деталей машины;**
- простую регулировку уровня пульпы и пенного слоя;**
- легкий запуск процесса после остановки;**
- простоту эксплуатации без накапливания в углах камеры крупных минеральных зерен, древесных и металлических обломков.**

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ФЛОТАЦИОННЫХ МАШИН

Уровень пульпы



Распределение воздуха во флотационной машине ($\text{см}^3/\text{см}^2 \cdot \text{мин}$ при окружной скорости импеллера $7,85 \text{ м/сек}$)

ВЛИЯНИЕ АЭРИРОВАННОСТИ ПУЛЬПЫ, ДИСПЕРСНОСТИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ПУЗЫРЬКОВ

Аэрированность пульпы зависит от:

- количества вводимого воздуха (от типа машины и режимов ее работы),
- дисперсности воздушных пузырьков (от типа аэратора, концентрации и типа вспенивателя),
- равномерность распределения воздуха в объеме пульпы (от типа машины), **определяет коэффициент полезного использования камеры.**

- интенсивности перемешивания пульпы,
- плотности пульпы,
- расхода и типа вспенивателя.

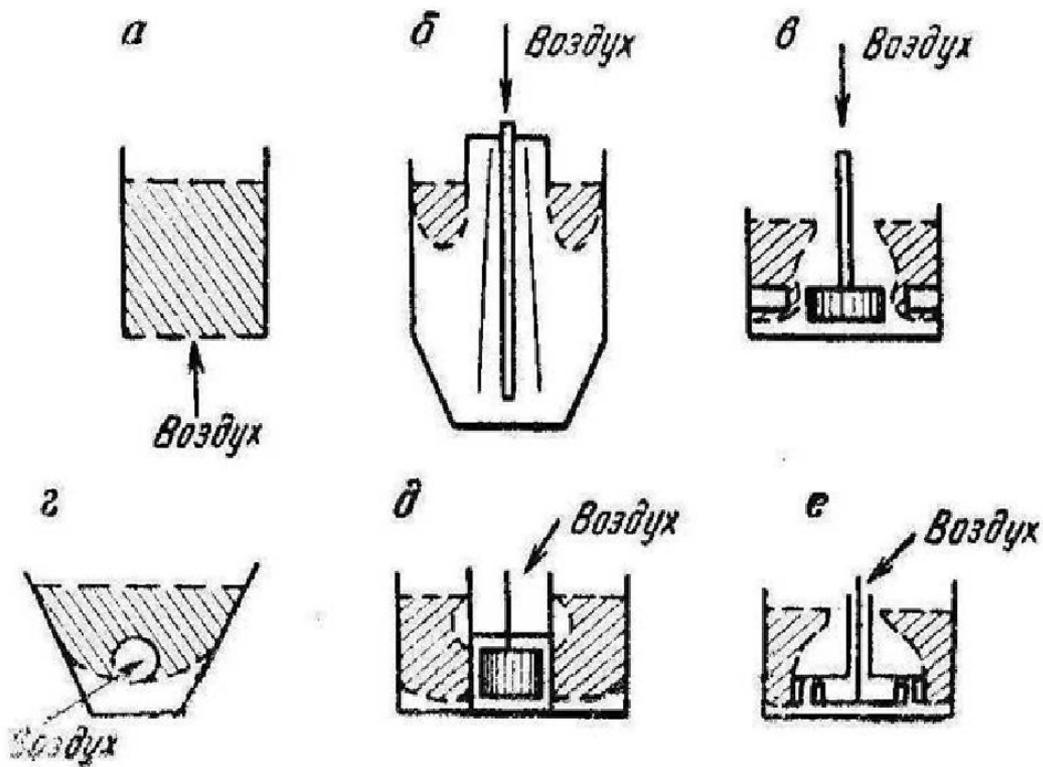
Распределение воздуха в пульпе в различных сечениях флотационной камеры механического типа различно. В нижней части у стенок камеры и над крышкой импеллера содержание воздуха понижено сюда попадают очень мелкие пузырьки с очень малой скоростью движения.

Влияние числа оборотов импеллера и аэрации пульпы на скорость флотации угля.

Число оборотов импеллера, об/мин	Расход соснового масла, мг/л			
	10		20	
	Подача воздуха, л/мин			
	5	15	5	15
	Выход концентрата, %			
1000	50	59	74	60
1500	57	60	74	76
2000	52	70	78	78
2500	32	63	70	70

На скорость флотации оказывает влияние интенсивность перемешивания, расход воздуха и концентрация вспенивателя. Но для получения максимального технологического эффекта важно не количество воздуха, вводимого в пульпу, а его дисперсность, определяемая интенсивностью перемешивания, которая, в свою очередь, зависит от конструктивных и рабочих параметров импеллера.

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПОТОКА ПУЛЬПЫ И МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ПУЗЫРЬКОВ

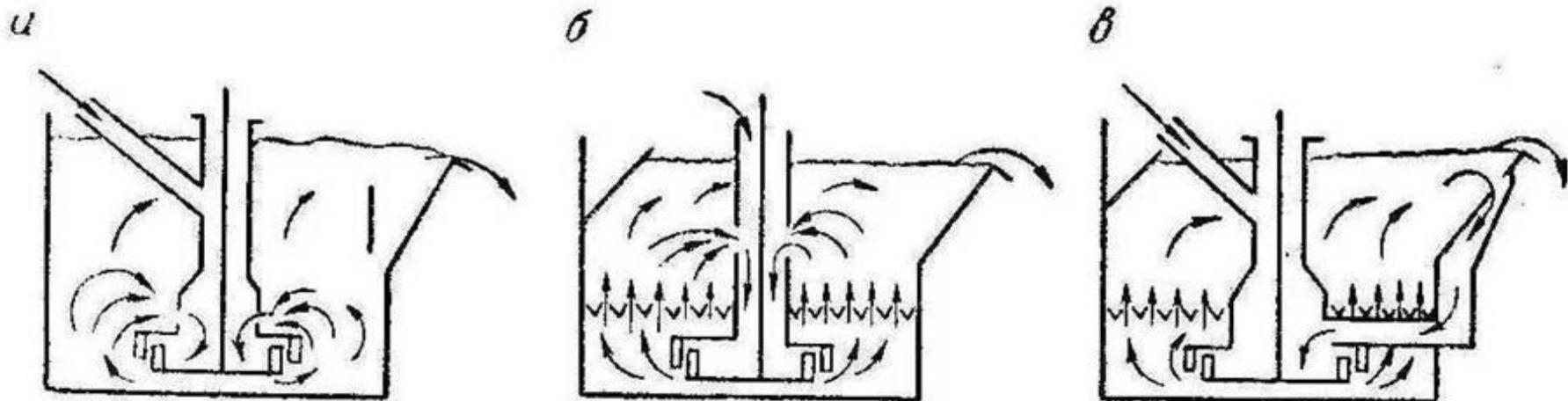


Величина аэрируемого объема в различных флотационных камерах

а — пневматическая с пористым днищем; б — глубокая аэролифтная; в — пневмомеханическая; г — пневматическая с вращающимся аэратором; д — механическая с импеллером стержневого типа; е — механическая с импеллером радиального типа.

В условиях реальных производств повышение скорости протекания пульпы возможно в результате:

- повышения производительности,
- последовательного соединения флотационных машин вместо параллельного,
- уменьшения размера камер при заданной производительности.



Схемы циркуляционных потоков во флотационных машинах различных конструкций:

а — в машине «Механобр-7ВМ»; б — в машине с кипящим слоем с циркулирующей пульпы по принципу машин «Денвер D-R»; в — в машине с кипящим слоем ГИГХСа.

В машинах, работающих с применением минерализации пузырьков в кипящем слое, преимущество имеет минерализация пузырьков в восходящих ламинаризованных потоках, по сравнению с беспорядочными турбулентными потоками .

ВЛИЯНИЕ КРУПНОСТИ ЧАСТИЦ МИНЕРАЛОВ

В хвостах обогатительных фабрик основные потери частиц полезных минералов происходят либо из-за самых крупных, либо из-за тончайших фракций.

Причинами плохой флотуруемости тонких частиц считаются:

- пониженная вероятность их столкновения с всплывающими пузырьками;**
- увлекаются обтекающими потоками и уносятся в сторону от пузырьков.**

Причины влияющие на флотуруемость тонких частиц:

- турбулентное движение оказывает большое влияние на возможность встречи пузырька и частицы минерала (вихревые потоки позади обтекаемого пузырька воздуха подталкивают минеральную частицу к кормовой части пузырька воздуха),

- осуществление флотации пузырьками газов, выделяющихся из раствора (в этом случае не требуется столкновения частиц с пузырьками, они выделяются селективно непосредственно на поверхности частиц),

- увеличение интенсивности перемешивания в камерах, тонкое диспергирование воздушных пузырьков и повышенная аэрация.

В пенном слое верхние слои богаче нижних, изменением высоты слоя можно регулировать скорость и селективность флотации. Поэтому при организации снятия пены нужно учитывать:

- при удалении только верхнего слоя селективность повышается, но снижается скорость флотации,**
- для поддержания высокого слоя пены требуется повышенный расход воздуха, но при высоком слое пены и повышенном расходе воздуха могут быть получены те же результаты, что и при низком слое пены с малым расходом воздуха,**
- скорость удаления пены при механическом пеносьеме зависит от числа оборотов и количества лопастей пеносьемника,**
- скорость удаления пены при самотечном удалении зависит от расхода воздуха, уровня пульпы в машине и ее устойчивости.**

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ВЫБОР ФЛОТАЦИОННЫХ МАШИН

В большинстве случаев технологические результаты флотации материалов обычной флотационной крупности при применении различных конструкций машин не имеют существенных различий. Часто выбор производится не на основе технологических преимуществ (которые почти равноценны), а исходя из удобств управления процессом или экономических соображений.