

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

Кафедра Механизации животноводства и переработки
сельскохозяйственной продукции

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРИЗВОДСТВ**

Новосибирск 2022

Кафедра механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной
продукции

Процессы и аппараты биотехнологических производств /Журнал для
выполнения практических работ/ Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т;
Сост.: А.А. Мезенов. – Новосибирск, 2022-36 с.

Рецензент: к.т.н. Е.А. Булаев

Рабочий журнал предназначен для студентов очной и заочной формы
обучения по направлениям: Биотехнология.

© Новосибирский государственный
аграрный университет, 2022
© Инженерный институт, 2022

2. АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ВЫДЕЛЕНИЯ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ИЗ ДИФфуЗИОННОЙ ВЫТЯЖКИ И ИХ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ

В водный раствор ферментов, поступивший из диффузионной установки в сборник 2 (рис. 54), дозируют аммиачную воду или раствор CaCl_2 для лучшего отделения из раствора взвешенных веществ.

Из сборника 2 вытяжку насосом подают в сепаратор ВСМ для отделения взвешенных веществ или в сепаратор ВСС-01. Здесь вместе с осадком из раствора удаляется значительное количество бактерий. Осадок из сепаратора удаляют, а осветленный раствор поступает в сборник 5. Для дополнительного осветления вытяжку пропускают через фильтр 7. Дальнейшая переработка раствора обуславливается видом получаемого продукта.

1. Для получения сгущенного сиропа ферментного раствора вытяжку подают в вакуум-выпарной аппарат 21 и 22. Концентрированный раствор упаковывают в тару.

2. При получении комплексного препарата ферментов (в виде порошка) диффузионную вытяжку после предварительного упаривания направляют в распылительную сушилку 28. Для сушки используется воздух, подогретый в паровом калорифере 29. Высушенный продукт отсасывается из сушильной башни воздухом, осаждается в циклонах 32 и пневмотранспортом подается в циклон 34; отсюда он поступает в сборник 40, а из него на упаковку в тару.

3. Для получения более чистых концентрированных препаратов ферменты осаждают из растворов путем добавления этилового или изопропилового спирта.

При особо высоких требованиях к препарату вытяжку перед осаждением из нее ферментов пропускают через диализатор для удаления остаточных сахаров и других балластных органических и минеральных примесей. Подготовленную вытяжку подкисляют уксусной кислотой до pH 5,5—6, охлаждают рассолом в теплообменнике 10 до 5°С, смешивают в аппарате 11 с этиловым (или изопропиловым) спиртом, предварительно охлажденным до 2—3°С. Для лучшего отделения осадка в смеситель добавляют 0,2% хлористого кальция. Смеситель снабжен мешалкой.

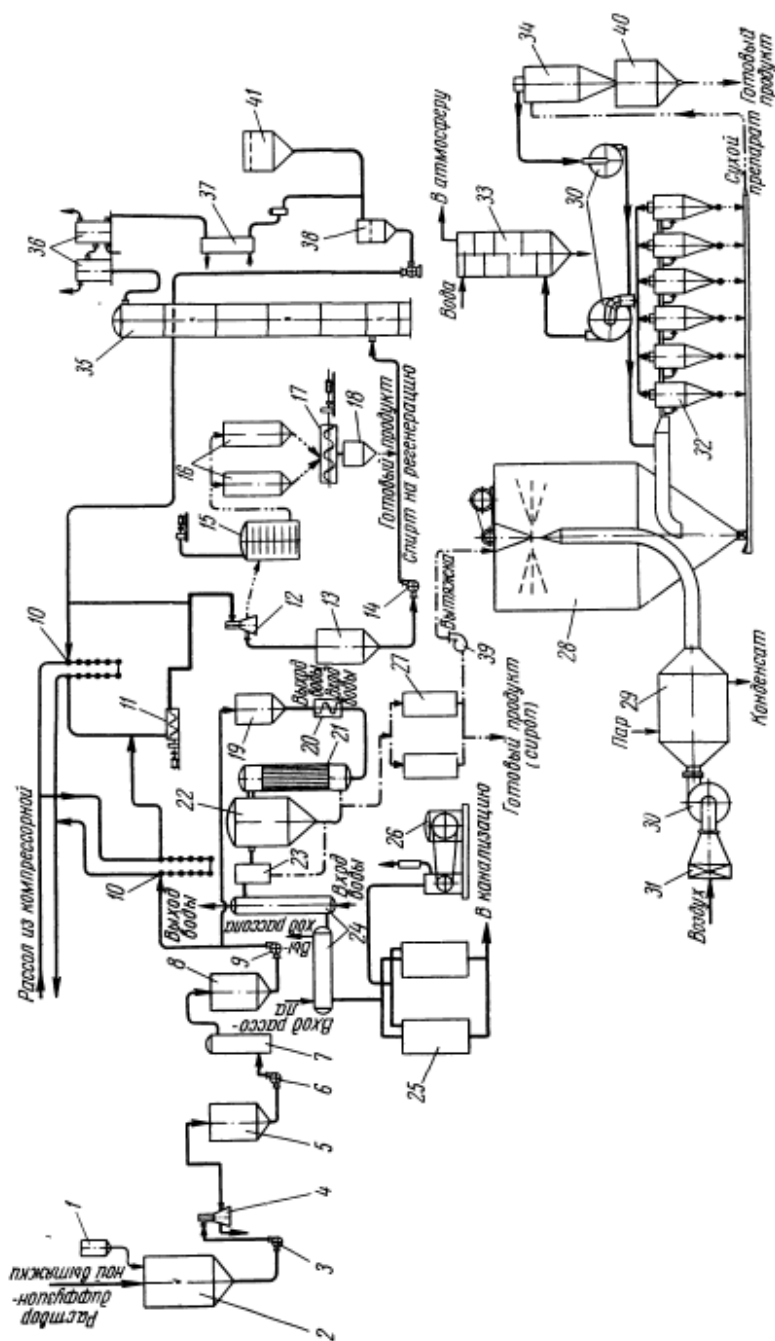


Рис. 54. Аппаратурно-технологическая схема выделения ферментных

1 — сборник для раствора хлористого кальция; 2 — сборник ферментной вытяжки; 3 — фильтр; 4 — сборник; 5 — теплообменник; 6 — смеситель для вытяжки со спирта; 7 — вакуум-сушильный шкаф; 8 — сборники для ферментного препарата; 9 — мерник для ферментной вытяжки; 10 — решофер; 11 — калоризатор выпарной установки сокового пара; 12 — вакуум-насос; 13 — сборник ударенного раствора; 14 — ра- воздуха; 15 — циклоны; 16 — скруббер; 17 — циклон пневмотранспорта; 18 — ук- сатор; 19 — сборник для спирта; 20 — насос для подачи раствора в суши-

препаратов из диффузионной вытяжки и их концентрирования и сушки:

3, 6, 9 и 14 — насосы; 4 — сепаратор ВСС-01; 5 — промежуточный сборник; 7 — гом; 12 — сверхцентрифуга (сепаратор); 13 — сборник для отработавшего спирта; — смеситель для препарата с наполнителем; 18 — сборник готового продукта; 19 — ановки; 22 — сепаратор; 23 — ловушка; 24 — конденсатор; 25 — сборник конденсата; пылительная сушилка; 29 — паровой калорифер; 30 — вентилятор; 31 — фильтр для; 36 — дефлегматор с конденсатором; 37 — конден- лку; 40 — сборник готового продукта; 41 — сборник для свежего спирта.

а) Батарейная диффузионная установка

1) ОПИСАНИЕ ДИФфуЗИОННОЙ УСТАНОВКИ

На рис. 55 представлена схема десятичленной диффузионной батареи для экстрагирования ферментов из культур плесневых грибов. Экстрагирование производится водой.

Диффузоры (рис. 56) установлены на одном уровне и соединены коммуникациями, позволяющими пропускать экстрагирующую жидкость последовательно через все диффузоры. Загрузка грибной культуры в диффузоры и выгрузка биошрота (диффузионного остатка) производится периодически.

Жидкость подается в батарею противоточно, т. е. свежая вода поступает в диффузор, в котором заканчивается процесс экстрагирования, а концентрированная вытяжка выводится из диффузора, загруженного свежей культурой.

Типовой диффузор (см. рис. 56), используемый на ферментном производстве, представляет собой цилиндро-конический сосуд диаметром 600 мм и объемом 317 л. Одновременная загрузка такого диффузора 60 кг грибной культуры со средней плотностью 300—320 кг/м³. Верхняя часть диффузора снабжена крышкой, которая открывается и закрывается при помощи винтового зажима. В открытом состоянии крышка вместе с зажимом отводится в сторону консольным рычагом, поворачивающимся вокруг неподвижной вертикальной стойки. Через открытую горловину диффузора загружается ферментная культура.

Экстрагирующая жидкость поступает из одного диффузора в другой через нижний штуцер (узел Б); из диффузионной батареи жидкость удаляется через верхний штуцер (узел А). По окончании выщелачивания ферментов биошрот выгружают через нижний клапан с винтовым приводом от маховика. В верхней части диффузора имеется сетка, перекрывающая поперечное сечение цилиндрической части корпуса. Назна-

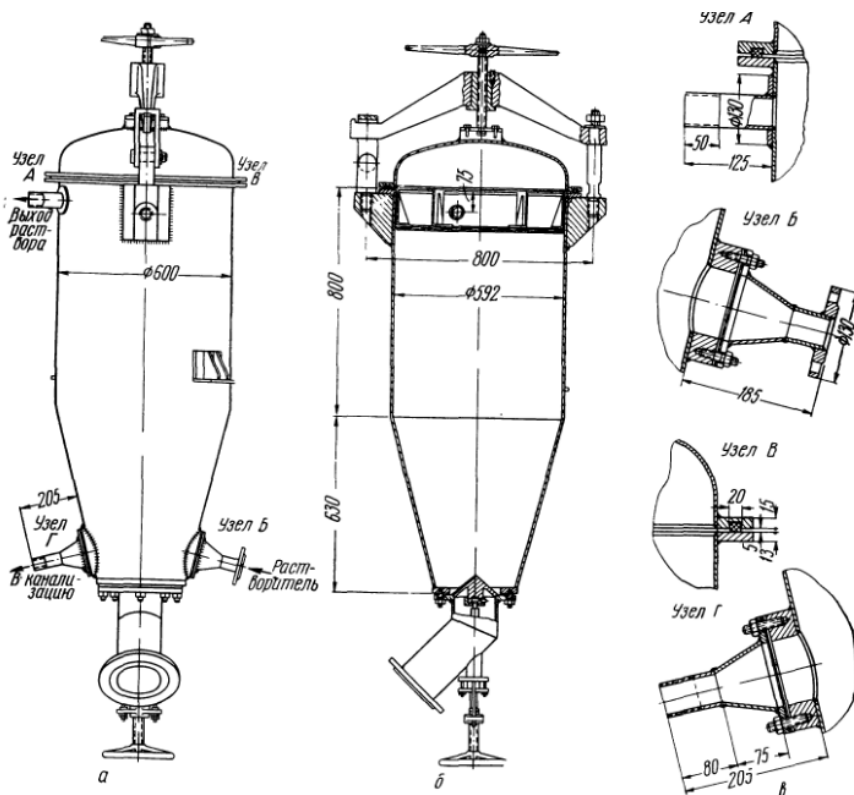


Рис. 56. Диффузор:
а — общий вид; б — разрез; в — узлы А, Б, В и Г.

МАШИНЫ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ИЗ РАСТВОРОВ ФЕРМЕНТОВ

Выделение взвешенных веществ из ферментных растворов производят в сепараторах, центрифугах и фильтрах. Машины этого типа применяют для осветления диффузионных вытяжек из поверхностных культур плесневых грибов, отделения твердой фазы из глубинных культур; отделения осадка ферментов при производстве очищенных индивидуальных препаратов ферментов и частичной бактериальной очистке растворов.

1. СЕПАРАТОР ВСС-01

Сепаратор ВСС-01 (рис. 58) — осветлитель, тарельчатого типа, с автоматической выгрузкой осадка; он предназначен для очистки от твердой фазы суспензий с концентрацией твердой фазы не более 60% по объему.

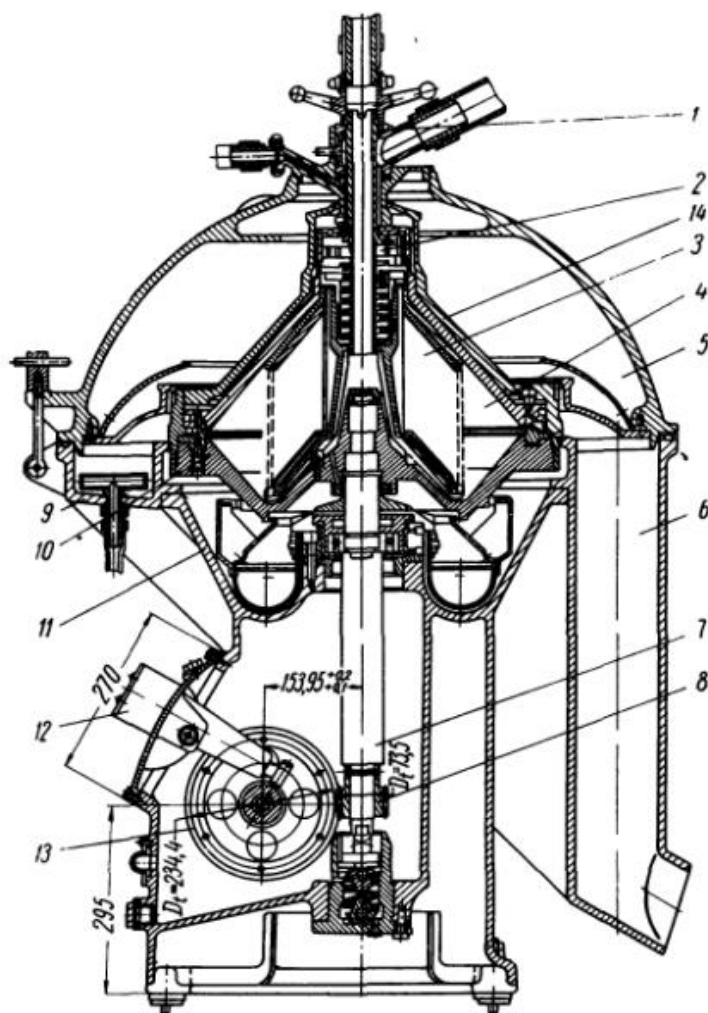


Рис. 58. Сепаратор ВСС-01 тарельчатый с центробежной пульсирующей выгрузкой осадка:

Основными узлами сепаратора являются: станина 11 с приводом барабана 10; приемноотводящее устройство 1; приемник 6 для выгружаемого осадка, в котором расположены тормоз барабана и стопоры. Приемник имеет наклонное дно для лучшего сползания осадка. Для этой же цели в нем имеется побудитель 9, через который подается вода в выгружаемый осадок.

Сепаратор приводится в движение от фланцевого электродвигателя (АО 62-4, исполнение Ф2, $N=10$ квт, $n=1460$ об/мин) через фрикционную центробежную муфту и быстроходную винтовую пару 8 и 13. На станциях выделения и очистки ферментных препаратов при работе со спиртом электродвигатели должны применяться только во взрывобезопасном исполнении.

Приводной горизонтальный вал электродвигателя вращается в шариковых подшипниках; на нем укреплено колесо 13 с винтовой нарезкой, находящееся в зацеплении с шестерней 8, посаженной на вертикальном валу 7. С помощью фрикционной центробежной муфты обеспечивается плавный разгон барабана сепаратора при пуске, а также предохраняется от перегрузки электродвигатель.

От горизонтального вала вращение передается второй парой шестерен тахометру 12 с пульсатором. Вертикальный вал 7 вращается в двух опорах. Нижняя опора, состоящая из сферического и упорного подшипников и пружины, воспринимает осевую нагрузку от барабана и вала. Верхняя упругая опора поддерживается шестью пружинами в центральном положении, что позволяет барабану плавно переходить критическое число оборотов при пуске и плавно работать при номинальном числе оборотов.

На верхнем конце вертикального вала посажен барабан 10 сепаратора, состоящий из корпуса и крышки 14. Внутри барабана находится тарелкодержатель, на который насажены 124 конические тарелки 3. Тарелки имеют наружные и внутренние ребра, которые при сборе тарелок в пакет образуют каналы для подвода сепарируемой суспензии и отвода отсепарированной фракции.

Между пакетом тарелок и крышкой расположен плавающий конус 4, который может перемещаться внутри барабана на определенную высоту вверх и опускаться вниз. При опускании вниз уплотняющие кольца, расположенные у основания плавающего конуса, совмещаются с уплотняющими кольцами корпуса барабана. При этом перекрываются кольцевой зазор между корпусом и плавающим конусом и разгрузочные щели, через которые осадок выбрасывается из барабана. При подъеме вверх плавающий конус открывает разгрузочные щели и содержимое барабана под действием центробежной силы выбрасывается в приемник 6 для шлама. Плавающий конус опускается под действием воды, которая периодически подается в пространство между крышкой барабана и плавающим конусом. Вода давит на плавающий конус и перемещает его вниз. Избыток воды через сопло в крышке барабана выбрасывается в полость 5, откуда выводится наружу.

После прекращения подачи воды в барабан вода, которая в нем находилась, выбрасывается через сопло в полость 5. При этом плавающий конус под действием пружины и давления от обрабатываемой суспензии, находящейся внутри барабана, поднимается вверх и открывает разгрузочные щели. Верхняя часть плавающего конуса с розеткой образует напорную камеру, внутри которой помещается напорный диск. Осветленная фракция напорным диском выводится из барабана под давлением $1,5\text{--}2,5 \text{ кг/см}^2$ ($147,5\text{--}246 \text{ кн/м}^2$).

Суспензия, поступающая по центральной подводящей трубе в барабан 10, осветляется в пакете конических тарелок при движении жидкости тонким слоем в зазорах между ними. Суспензия подводится к тарелкам по каналам, образованным ребрами тарелкодержателя. Под действием центробежной силы из жидкости выделяются частицы, плотность которых больше плотности дисперсионной среды. Твердые частицы сползают по наклонным образующим тарелок и отбрасываются ими в шламовое пространство барабана. Осветленная жидкость движется к оси вращения барабана, по каналам тарелкодержателя поднимается в напорную камеру барабана, откуда напорным диском 2 непрерывно выводится из сепаратора. После заполнения шламового пространства механическими примесями, выделенными из суспензии, прекращается подача суспензии в барабан и плавающим конусом открываются разгрузочные щели, через которые содержимое барабана выбрасывается в шламовый приемник 6. Выведенный осадок сползает по наклонному дну и выводится из сепаратора. После разгрузки барабана плавающий конус закрывает разгрузочные щели, в барабан снова подается суспензия и процесс сепарирования возобновляется. Разгрузка продолжается 30—60 сек.

Барабан сепаратора изготавливают из углеродистой стали и лудят внутри и снаружи; тарелки — из кислотостойкой стали 1X18H9T; тарелкодержатель и головку сепаратора — из бронзы с последующим лужением; коммуникации — из труб из нержавеющей стали.

Техническая характеристика сепаратора ВСС-1

Производительность в л/ч	1000
Число оборотов барабана в минуту	4500
Максимальный диаметр барабана в мм	605
Количество тарелок	124
Диаметр тарелки в мм: максимальный — минимальный	278—130,3
Угол наклона образующей тарелки в град	50
Величина межтарелочного зазора в мм	0,5
Приводной электродвигатель	тип АО 62-4, исполнение Ф2, $N=10 \text{ кВт}$, $n=1460 \text{ об/мин}$
Габариты в мм: длина × ширина × высота	1250×940×1450
Масса сепаратора с электродвигателем в кг	938

Технологические параметры

Температура сепарирования в °С	70—75
Плотность исходного продукта по сахариметру	не менее 11
Средняя влажность осадка в %	не более 70
Осветленная жидкость должна быть свободна от взвешенных частиц, допускается легкая опалесценция. Аппарат изготавливается в полузакрытом исполнении.	

4. КЕРАМИЧЕСКИЙ ФИЛЬТР ФКМ

Для окончательной очистки ферментных растворов от взвесей и микроорганизмов могут применяться керамические фильтры (рис. 61). Фильтр представляет собой цилиндрический сосуд 1 диаметром 400 мм со сферической крышкой 2, соединяемой с корпусом посредством откидных болтов 3. Между фланцами корпуса и крышки зажата решетка 4, к которой прикреплены 37 фильтрующих керамических свечей 5 диаметром 50 мм и высотой 270 мм. Свеча представляет собой пористый керамический цилиндр, закрытый с нижнего конца сферической головкой. К верхнему концу прикреплена металлическая обойма 6 с выводной трубкой 7. Трубку вставляют в отверстие решетки и на нее наворачивают гайку, при помощи которой обойма свечи прижимается к решетке.

К сферическому днищу корпуса присоединен патрубок 8 для ввода фильтруемой жидкости. Для спуска из корпуса остаточной жидкости (после окончания работы) к нижней точке сферического днища присоединен спускной кран 9. Осветленная жидкость выводится из корпуса аппарата через трубопровод, монтируемый к фланцу 10 крышки.

Внутренние поверхности фильтра покрыты бакелитовым лаком. Пленка лака устойчива к воздействию соляной, серной, уксусной, лимонной и яблочной кислот с различными температурами и концентрациями. Жидкость, подлежащая обработке в фильтре, должна быть предварительно освобождена от взвесей в аппаратах для грубой очистки.

Осветляемую жидкость подают под избыточным давлением 2—2,5 ат через патрубок 8. Жидкость проходит через пористые стенки внутри

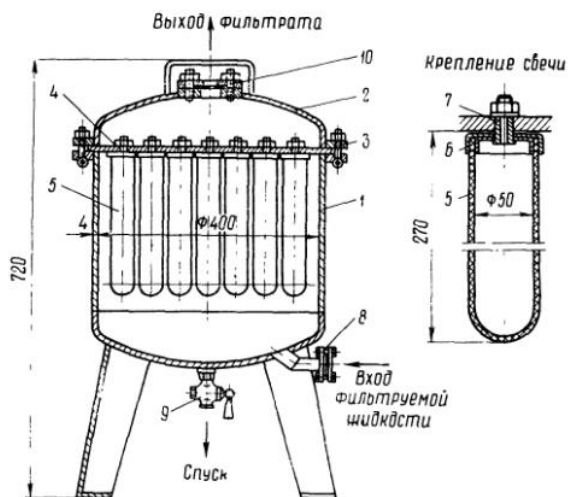


Рис. 61. Фильтр керамический ФКМ (справа — фильтрующая свеча).

свечей. Отфильтрованная и обеспложенная жидкость через трубки выходит из свечей в полость крышки и по верхнему патрубку выводится из аппарата. Свечи ежедневно промывают обратным током стерильной воды в течение 10—15 мин при давлении, не превышающем 0,3 ат.

Периодически аппарат очищают и стерилизуют. Для этого снимают крышку, вынимают батарею свечей и с каждой свечи механически снимают налет, образовавшийся на наружной поверхности. Для дезинфекции свечи помещают на 10—12 ч в раствор марганцовокислого калия, после этого их промывают водой. Корпус аппарата стерилизуют хлорной известью. При образовании на свечах клеевидного осадка их следует прокипятить в 5%-ном растворе питьевой соды.

1. АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ВЫРАЩИВАНИЯ КУЛЬТУР ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ НА БАРДЕ СПИРТОВЫХ ЗАВОДОВ

Барда является отходом спиртового производства (остаток отбродившей питательной среды после отделения от нее этилового спирта в брагоперегонном аппарате). Культура плесневых грибов, выращенная на барде, применяется без какой-либо дополнительной обработки для осахаривания крахмалистых заторов взамен солода в спиртовом производстве.

Процесс глубинного выращивания продуцентов ферментов состоит из следующих основных этапов:

- а) выращивание посевной чистой культуры в лабораторных условиях;
- б) приготовление питательной среды для посевных и производственных ферментаторов;
- в) выращивание производственной посевной культуры в маточнике;
- г) выращивание производственной грибной культуры в ферментаторах.

Чистую культуру выращивают в колбах на качалках в условиях полной стерильности. В колбы на питательную среду засевают споры, закрывают ватными пробками и выращивают без искусственного подвода воздуха. Выращенную чистую культуру высевают в маточник, в котором выращивается культура для засева в производственных ферментаторах.

Исходную питательную среду (барду) из аппаратного отделения спиртового завода подают в барабанный фильтр 1 (рис. 68), в котором на вращающемся сите отделяются взвешенные вещества. Дробину из фильтра направляют на бардораздаточный пункт для отпуска на корм скоту; фильтрат поступает в сборники 3, в которых готовят питательную среду, добавляя в нее муку и минеральное питание.

Подготовленная среда плунжерным насосом 2 подается в стерилизатор 4, где она нагревается через поверхность теплообмена до 130°С; отсюда среда направляется в выдерживатель 5, в котором она находится в течение 30 мин. Затем среда поступает в теплообменник 6, в котором охлаждается до 30°С. Охлажденную среду направляют в маточник 7 и ферментаторы 8.

Рис. 68. Аппаратурно-технологическая схема выращивания культур барде спиртовых заводов

1 — барабанный фильтр, 2 — плунжерные насосы; 3 — сборники фильтрата ба
ватель, 6 — холодильник стерилизованного фильтрата; 7 — аппарат для выра
9 и 10 — фильтры для воздуха, 11 — воздуходувка; 12 — воздухоохладитель;

плесневых грибов глубинным методом на

1:

рды; 4 — стерилизаторы фильтрата; 5 — выдержи
чивания маточной культуры; 8 — ферментатор;
13 — ресивер; 14 — общий фильтр для воздуха.

В маточник задают чистую посевную культуру, где она выращи
вается трое суток; отсюда культуру направляют для засева подготов
ленной питательной среды в производственных ферментаторах.

Маточник должен иметь такой объем, чтобы в нем можно было по
лучить 10% посевной культуры от объема среды в производственном
ферментаторе. В процессе выращивания культуры в маточник подают
стерильный воздух через форсунку диаметром 3 мм, вмонтированную
в днище аппарата. При этом расход воздуха составляет 15—
20 м³/(ч · м³) культуральной жидкости.

Готовая культура поступает в ферментатор самотеком или же пере
давливается сжатым воздухом. В ферментаторе выращивание произ
водственной культуры осуществляют при энергичном перемешивании
механической мешалкой, приводимой во вращение от электродвигате
ля через редуктор со скоростью 180 об/мин. Для обеспечения потреб
ности микроорганизмов в кислороде в ферментатор подают воздух
через три форсунки диаметром 6 мм. В период максимального выделе
ния культурой биологического тепла в процессе развития микроорга
низмов в рубашку ферментатора подают охлаждающую воду. Готовую
культуру направляют на осахаривание заторов.

Воздух, подаваемый в маточники и ферментаторы, подвергают тща
тельной очистке от механических и бактериологических примесей. Из
воздуходувки 11 воздух поступает в теплообменник 12, ресивер 13, за
тем в общий фильтр 14, смонтированный на основной воздушной
магистральной. До входа в маточники и ферментаторы воздух проходит
через индивидуальные фильтры 9 и 10 с тканью Петрянова, в которых
он окончательно очищается.

2. АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ВЫРАЩИВАНИЯ КУЛЬТУР ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ ГЛУБИННЫМ МЕТОДОМ НА СИНТЕТИЧЕСКИХ СРЕДАХ

Для маточной и посевной культуры готовят питательную среду разнообразных составов в зависимости от выращиваемой культуры. Так, для выращивания амилотических препаратов ферментов используется среда такого состава в %: мука кукурузная — 6; азотнокислый натрий — 0,09; сернокислый магний — 0,005; вода — 93,905.

Для посевной и производственной культуры рекомендуется использовать одинаковые среды. Для маточной и производственной культуры готовят отдельные среды (рис. 69).

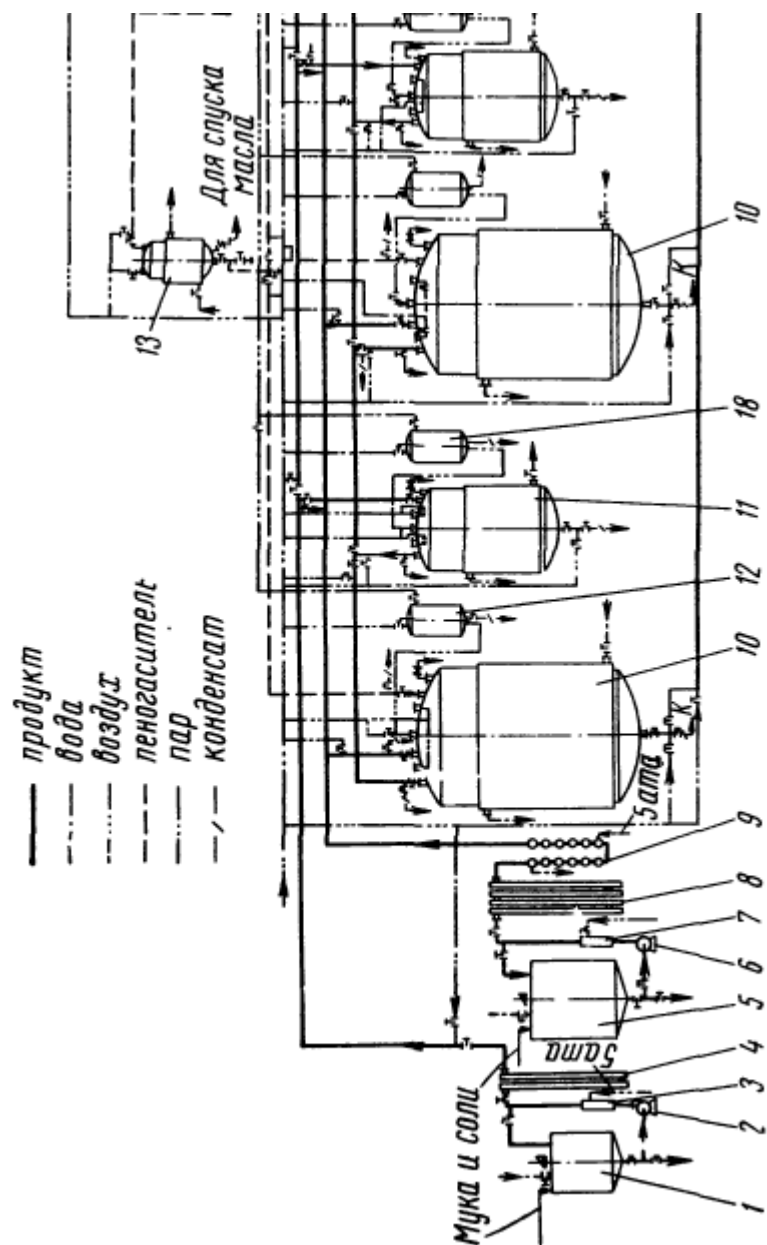
Питательную среду для посевной культуры готовят в смесителе 1, в который задают воду из расчета получения посевной среды в объеме 10% от производственной среды, задаваемой в ферментатор; к этой среде добавляют муку и минеральные ингредиенты. Приготовление среды производят при энергичном перемешивании; при этом не допускается образования комков. Полученную массу перекачивают насосом 2 через теплообменник 3, в котором она нагревается открытым паром до 130° С. Нагретая среда поступает в выдерживатель 4, в котором она находится в течение 15 мин, и при этом окончательно стерилизуется. Из выдерживателя горячая масса поступает в маточник 11; здесь она охлаждается водой через рубашку до 30—32° С. Затем в среду задают из колбы посевную культуру через зажженный факел. Для этой цели в маточнике имеется отверстие, закрываемое пробкой.

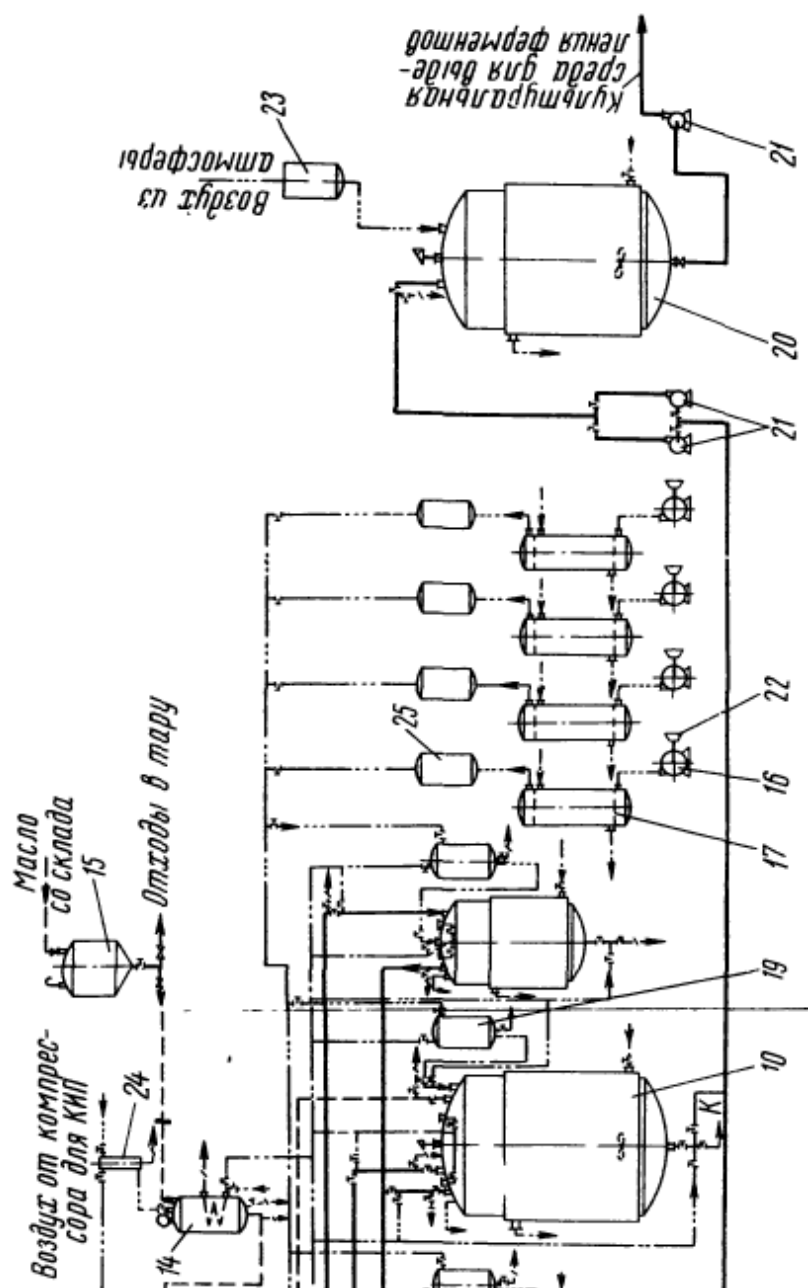
Выращивание посевной культуры производят в течение 24—40 ч (в зависимости от вида культуры) при 30—32° С, непрерывном перемешивании и продувании ее стерильным воздухом в количестве 40—

Рис. 69. Аппаратурно-технологическая схема выращивания

1 — смеситель для среды для выращивания маточной культуры; 2 — нагретой среды для маточной культуры; 5 — смеситель для среды, 1 культуры; 8 — выдерживатель; 9 — теплообменник для охлаждения; 13 — дозатор для пеногасителя; 14 — стерилизатор для воздуха; 20 — промежуточная емкость для готовой культуры; 21 — льянной ватой;

культур плесневых грибов глубинным методом на синтетических средах: — вихревой насос; 3 — подогреватель среды для маточной культуры; 4 — выдерживатель направляемой в ферментатор; 6 — насос; 7 — подогреватель среды для производственной среды; 10 — ферментатор; 11 — маточник; 12, 18, 19 и 23 — фильтры для воздуха (индия пеногасителя; 15 — сборник для пеногасителя; 16 — воздуходувка; 17 — охладитель — насос; 22 — воздушный фильтр масляный яичковый; 24 — воздушный фильтр со стек- 25 — общий фильтр для воздуха.





50 м³/(м³ · ч) аэрируемой жидкости. Выросшую посевную культуру передавливают стерильным воздухом в производственный ферментатор, который к тому времени должен быть заполнен простерилизованной мас-сой, охлажденной до 30° С. После освобождения от посевной культуры маточник тщательно промывают, проверяют на герметичность и стерилизуют паром (избыточное давление 2 кг/см², $t=132^{\circ}\text{C}$) в течение 2 ч.

Общая продолжительность производственного цикла маточника составляет 45 ч: заполнение — 0,5; охлаждение — 2; посев — 0,5; выращивание — 36; спуск культуры — 1; мойка, ревизия, проверка герметичности — 3; стерилизация — 2.

Среду для выращивания производственной культуры в фермента-торах приготавливают в отдельном смесителе 5 ($\dot{V}=20\text{ м}^3$), снабженном механической мешалкой; сюда добавляют те же ингредиенты, что и для посевной культуры. После тщательного перемешивания подготов-ленную среду насосом 6 перекачивают через подогреватель 7 в выдер-живатель 8. В теплообменнике среду подогревают открытым паром до 130° С. При этой температуре она находится в выдерживателе в тече-ние 15 мин, непрерывно передвигаясь по его секциям к выходу. За это время среда окончательно стерилизуется. Из выдерживателя среда поступает в теплообменник 9, в котором она охлаждается до 30° С; от-сюда среда направляется в ферментатор 10, который к этому времени должен быть тщательно вымыт и простерилизован.

После заполнения ферментатора средой в него из маточника пере-пускают посевную культуру, затем пускают механическую мешалку и подают воздух. Выращивание микроорганизмов производится при не-прерывной подаче воздуха и энергичном перемешивании среды, что обеспечивает интенсификацию процессов обмена, происходящих при жизнедеятельности микроорганизмов. Культура выращивается в тече-ние 48—52 ч и более при температуре среды 30—32° С. Температура регулируется путем отвода избыточного тепла, выделяемого микроор-ганизмами в процессе биосинтеза, водой, подаваемой в рубашку ап-парата.

Для контроля процесса в крышке аппарата имеются стекла и пе-риодически отбирают пробы культуры через специальные проботбор-ники. При выращивании культуры на средах, образующих пену в про-цессе ферментации, для ее гашения в аппарат подают жидкий пеногаситель (масло, кашалотовый жир). Перед подачей в аппарат пеногаситель стерилизуют путем нагревания его глухим паром в спе-циальном аппарате 14. После стерилизации пеногаситель в этом же аппарате охлаждают до 30—32° С, затем передавливают его сжатым стерильным воздухом в дозатор 13; отсюда по общей коммуникации пеногаситель может подаваться в любой ферментатор самотеком. Для очистки воздуха его пропускают через фильтр, заполненный стеклян-ной ватой, или же через фильтр, оснащенный специальной тканью Петрянова, обеспечивающей биологическую стерильность воздуха.

Готовую глубинную культуру плесневых грибов из ферментатора перекачивают центробежным насосом 21 в промежуточный сборник 20, где она охлаждается водой через рубашку до 15° С. Из сборника куль-туру по мере надобности насосом перекачивают в цех для дальнейшей переработки.

Освободившийся ферментатор тщательно моют, проверяют на гер-метичность и стерилизуют открытым паром при избыточном давлении 2 кг/см² (0,196 Мн/м²) (132° С) в течение 2 ч.

Общая длительность цикла работы ферментатора составляет 60 ч: заполнение средой — 3; подача посевного материала — 1; выращивание культуры — 50; перекачивание готовой культуры — 1; мойка аппарата — 2; проверка герметичности — 1 и стерилизация — 2.

Длительность выращивания грибной культуры колеблется в широких пределах в зависимости от штамма культуры и других факторов.

При выращивании культур плесневых грибов глубинным методом особое внимание обращают на обеспечение стерильности воздуха, подаваемого в ферментаторы, во избежание попадания инфекции в аппарат. Воздух в ферментаторы подают воздуходувкой 16 от 15 до 50 м³/ч на 1 м³ аэрируемой культуры.

Для предварительной очистки воздуха от механических примесей его пропускают через масляные фильтры 22, устанавливаемые на всасывающей части воздуходувки. На нагнетательном трубопроводе каждой воздуходувки устанавливают общие воздушные фильтры 25. Общий фильтр представляет собой стальной вертикальный цилиндр, заполненный двумя слоями стеклянной ваты высотой по 200 мм (вверху и внизу) и слоем активированного угля между ними высотой 600 мм. Для окончательной биологической очистки воздуха на трубопроводах перед каждым аппаратом устанавливают индивидуальные фильтры с тканью Петрянова.

Давление воздуха, которое должна обеспечивать воздуходувная машина, определяется сопротивлением воздушного тракта, высотой столба жидкости в ферментаторе и избыточным давлением, поддерживаемым в аппарате над слоем жидкости.

Суммарный воздушный напор для ферментаторов состоит из сопротивлений в кг/см²: в воздуховодах — 0,1—0,2; в воздушных фильтрах (ватных, угольных) — 0,5; в барботере — 0,1—0,15, столб жидкости в ферментаторе — 0,3—0,5; давление в аппарате над слоем жидкости — 0,2—0,3.

В воздушном объеме ферментаторов над слоем жидкости поддерживается избыточное давление до 0,25 кг/см² (0,0245 Мн/м²) во избежание проникновения инфекции внутрь аппарата.

3. СМЕСИТЕЛИ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ГРИБНОЙ КУЛЬТУРЫ

Питательную среду для выращивания грибной культуры готовят в смесителе, перемешивают ее механической мешалкой и стерилизуют путем нагревания в специальных подогревателях; нагретую среду выдерживают в аппарате-выдерживателе и охлаждают ее до температуры выращивания в поверхностном теплообменнике.

а) Описание смесителей

Жидкую среду для выращивания культур плесневых грибов глубинным методом готовят в смесителях, снабженных пропеллерной мешалкой.

На рис. 70а изображен смеситель для приготовления среды, на которой выращивается посевная культура. В аппарате 1 установлен вал 2, на нижнем конце которого закреплена трехлопастная пропеллерная мешалка 7. Она приводится во вращение от электродвигателя 5 через редуктор 6, соединенный муфтой 3 с валом. На крышке имеется люк 4 и штуцера для ввода составляющих среды и обмена воздуха. Пропеллерная мешалка представлена на рис. 70б.

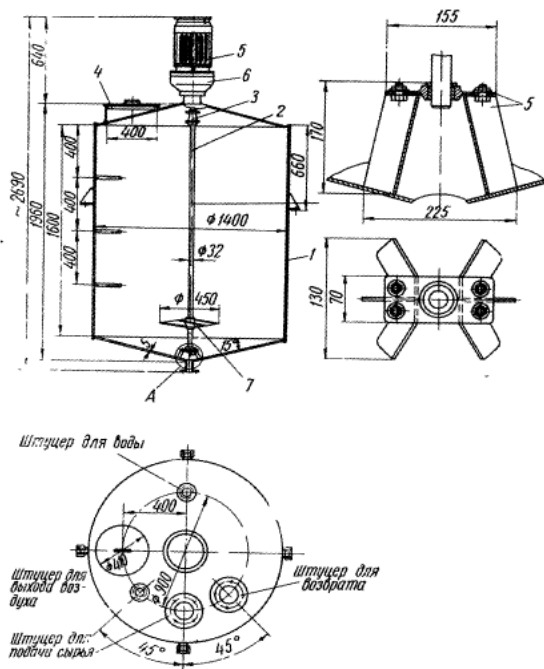


Рис. 70а. Смеситель для приготовления питательной среды (общий вид)

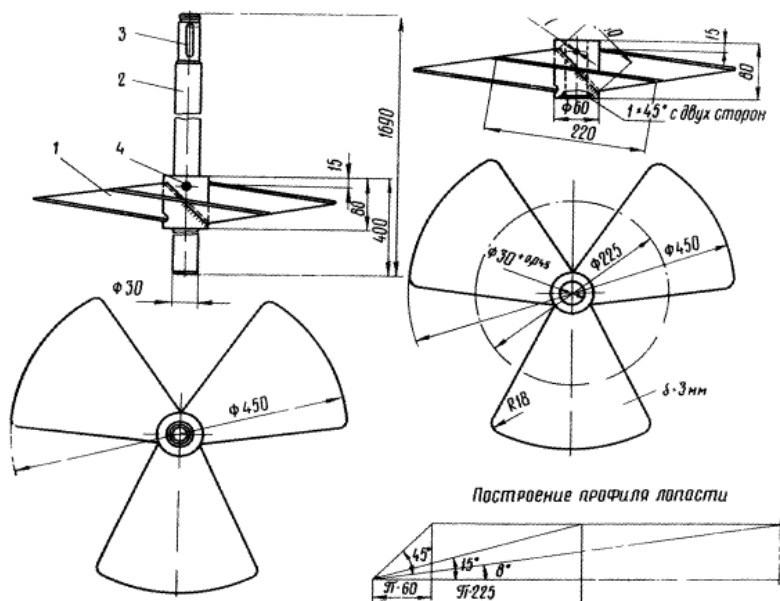


Рис. 706. Вал смесителя с пропеллерной мешалкой:

1 — лопасть; 2 — вал; 3 — шпонка; 4 — стопор.

а) Подогреватель для питательной среды, поступающей в ферментатор

Культуры плесневых грибов выращивают на стерильных питательных средах. Для стерилизации среды ее нагревают до 130°C и выдерживают при этой температуре в течение 15 мин. Нагревание производят в контактной головке (рис. 72), вмонтированной в трубопровод, через который из смесителя среда поступает в ферментатор или в маточник.

В цилиндрический корпус аппарата (диаметром 159/149 мм) вмонтирована труба (диаметром 112 мм) с отверстиями диаметром 2 мм, просверленными в винтовой фаске, выточенной по наружной поверхности стакана высотой 290 мм. В кольцевое пространство между корпусом и внутренней трубой через штуцер (диаметром 57/50 мм) вводят пар ($p = 4 \text{ кг/см}^2 = 0,392 \text{ Мн/м}^2$), который, пройдя через отверстия, пронизывает продукт, нагревая его до температуры стерилизации.

Для стерилизации питательной среды, подаваемой в маточники, применяют стерилизаторы аналогичной конструкции.

ПРИМЕРНЫЙ РАСЧЕТ ПОДОГРЕВАТЕЛЯ СРЕДЫ, НАПРАВЛЯЕМОЙ В ФЕРМЕНТАТОР

Среда нагревается в колонке непрерывного действия (см. рис. 72) открытым паром при $p = 4 \text{ кг/см}^2$ ($0,392 \text{ Мн/м}^2$) с 30 до 130°C . Пар вводится в массу через отверстия. Количество питательной среды для заполнения ферментатора — 18 м^3 . Длительность процессов стерилизации, выдерживания и охлаждения среды — 2 ч.

Производительность стерилизационной колонки — объем подогреваемой массы

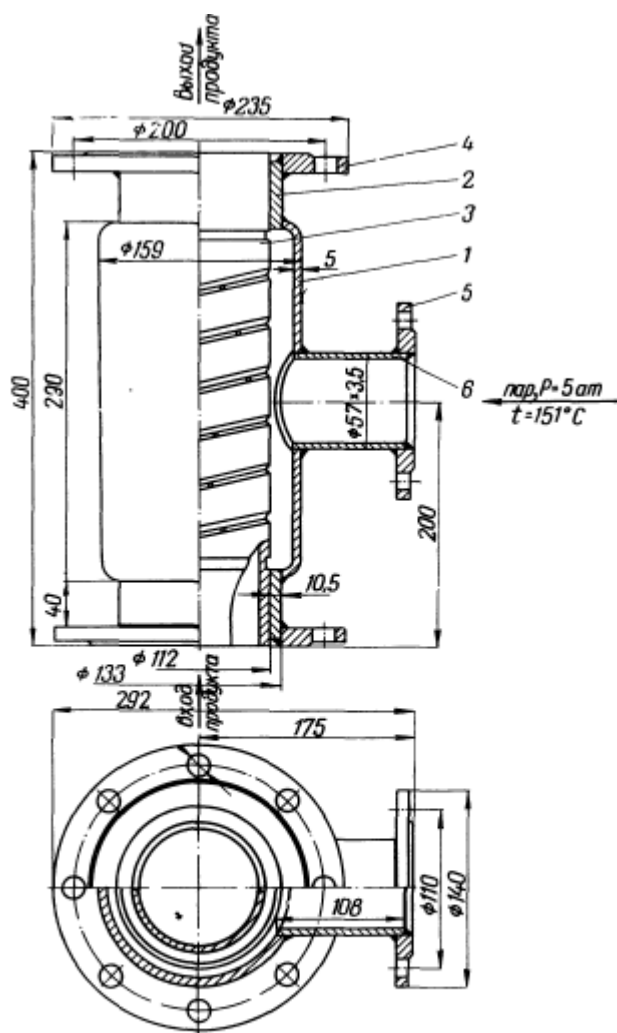


Рис. 72. Подогреватель жидкой питательной среды для глубинного культивирования плесневых грибов:

1 — корпус; 2 и 6 — патрубки; 3 — греющий элемент; 4 и 5 — фланцы.

5. АППАРАТ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ПОСЕВНОЙ КУЛЬТУРЫ ГЛУБИННЫМ МЕТОДОМ (МАТОЧНИК)

6. АППАРАТЫ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ В ЖИДКИХ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ

а) Описание ферментаторов

При выращивании плесневых грибов в жидких питательных средах применяют специальные аппараты — ферментаторы, в которых предусматриваются интенсивное перемешивание среды, подвод воздуха для дыхания микроорганизмов и отвод биологического тепла.

Известны различные конструкции ферментаторов. Наибольшее распространение получил ферментатор с механической мешалкой и подводом воздуха через барботер, снабженный рубашкой или змеевиком для отвода тепла. Разработаны ферментаторы с рубашкой в виде навитой спирали.

Кроме механических мешалок, в ферментаторах применяются лопастные, турбинные и пропеллерные мешалки. Известны также ферментаторы с пневматическим перемешиванием, совмещенным с аэрированием. Для подвода воздуха в культуральную среду применяют барботеры или форсунки.

Развивающиеся культуры плесневых грибов потребляют кислород, растворенный в жидкой среде. Интенсивность растворения кислорода зависит от поверхности контакта газовой и жидкой фаз и длительности контакта. Оптимальные величины этих показателей могут быть достигнуты при тонком диспергировании воздуха, подаваемого в жидкость, и интенсивном его механическом перемешивании. При механическом перемешивании достигается дополнительное диспергирование пузырьков воздуха и удлиняется траектория их движения вследствие турбулизации жидкости.

К конструкциям ферментаторов предъявляются высокие требования в отношении обеспечения герметичности. Аппараты изготовляют в соответствии с требованиями Госгортехнадзора. Сварка швов должна быть прочно-плотная. Выделения влаги на сварных швах при гидравлическом испытании не допускается, так как это может привести к попаданию инфекции в культуральную среду. Необходимо также обеспечить плотность сальника рабочего вала ферментатора, прокладок люков и фланцевых соединений. Аппарат изготовляют из нержавеющей или двухслойной стали.

Во избежание попадания в аппарат инфекции во время выращивания культуры в процессе работы под крышкой аппарата избыточное давление должно составлять $0,15—0,25 \text{ кг/см}^2$. Это обстоятельство следует учитывать при выборе воздуходувной машины для подачи воздуха на аэрирование культуры.

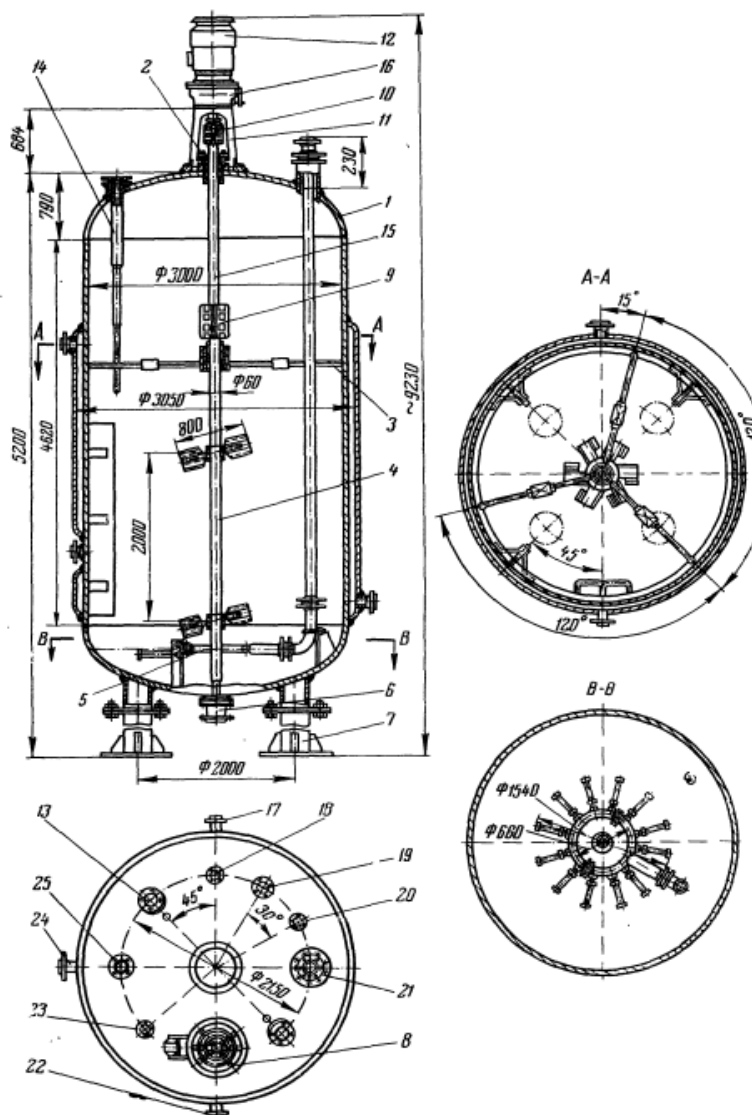


Рис. 75а. Ферментатор с турбинной мешалкой и барботером, разработанный КБ ВНИИФСа (объем 40 м³):

1 — корпус; 2 — сальник; 3 — тяги; 4 — вал с мешалками; 5 — барботер; 6 — подпятник; 7 — стойка; 8 — лаз-паук диаметром 400 мм; 9 и 10 — муфты; 11 — стойка; 12 — электродвигатель; 13 — смотровое стекло; 14 — гильза для термометра; 15 — промежуточный вал; 16 — редуктор; 17, 18 и 19 — штуцера для выхода воды, для гильзы термометра и для наполнения; 20, 21 и 22 — штуцера для загрузки посевной среды, для барботера и подачи воды; 23, 24 и 25 — штуцера для манометра, отбора пробы и выхода воздуха.

Для подачи воздуха в среду в нижней части сосуда установлен барботер 5 кольцевого типа с 12 лучевыми патрубками. По периферии

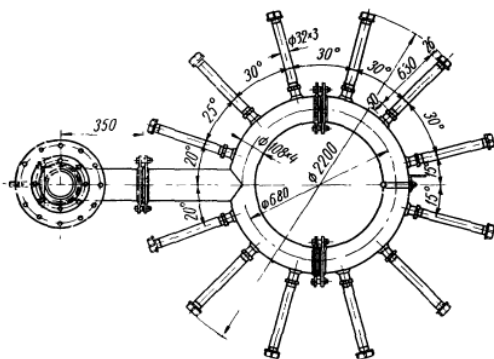
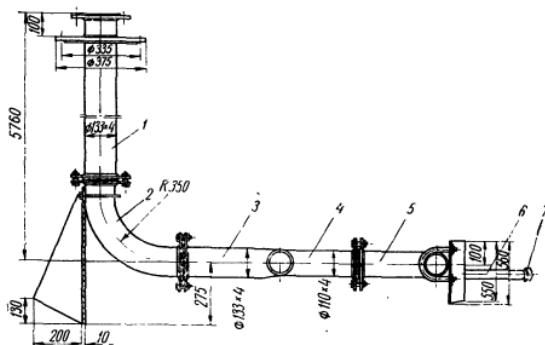


Рис. 75в. Барботер ферментатора ($V=40 \text{ м}^3$):
1 и 2 — воздуховоды, 3, 4 и 5 — полукольцо барботера; 6 —
луч барботера; 7 — колпачок.

внутренней стенки корпуса расположены четыре отбойные пластины размерами 300×2300 мм, предназначенные для турбулизации жидкости и предотвращения кругового вращения жидкости с образованием воронки.

С наружной стороны корпус снабжен рубашкой, в которую подают воду для отвода тепла, выделяемого развивающейся культурой микроорганизмов. Контроль и регулирование температуры среды осуществляются датчиком температуры, вставленным в гильзу 14.

Конструктивное устройство вала с мешалкой видно из рис. 75б. Мешалка представляет собой диск, посаженный на вращающийся вал, к которому болтами прикреплено 6 лопастей с профилем, обеспечивающим рассекание жидкости с небольшим лобовым сопротивлением и отбрасывание ее по сложной винтовой траектории.

Барботер (рис. 75в) представляет собой кольцевой трубопровод диаметром 680 мм, к которому на резьбе присоединено 12 прямых труб-лучей (длиной 630 мм и диаметром 32×3 мм), направленных по радиусам. В каждом луче имеется 100 отверстий диаметром 1,5 мм, расположенных на нижней образующей по радиусам, составляющим угол 30° к вертикали. Во избежание застоя жидкости в барботере лучевые трубы укреплены по касательной к кольцевому трубопроводу.

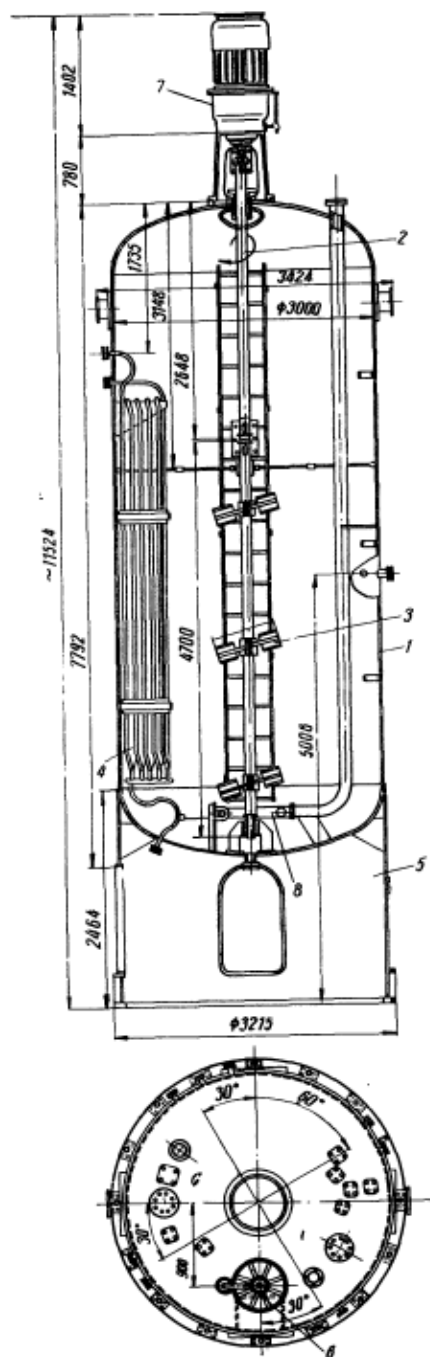


Рис. 76. Ферментатор конструкции Гипромедпрома ($V=50 \text{ м}^3$):

1 — корпус; 2 — вал мешалки; 3 — лопасть мешалки; 4 — охлаждающий змеевик; 5 — опорная цага; 6 — люк; 7 — привод мешалки; 8 — барботер.

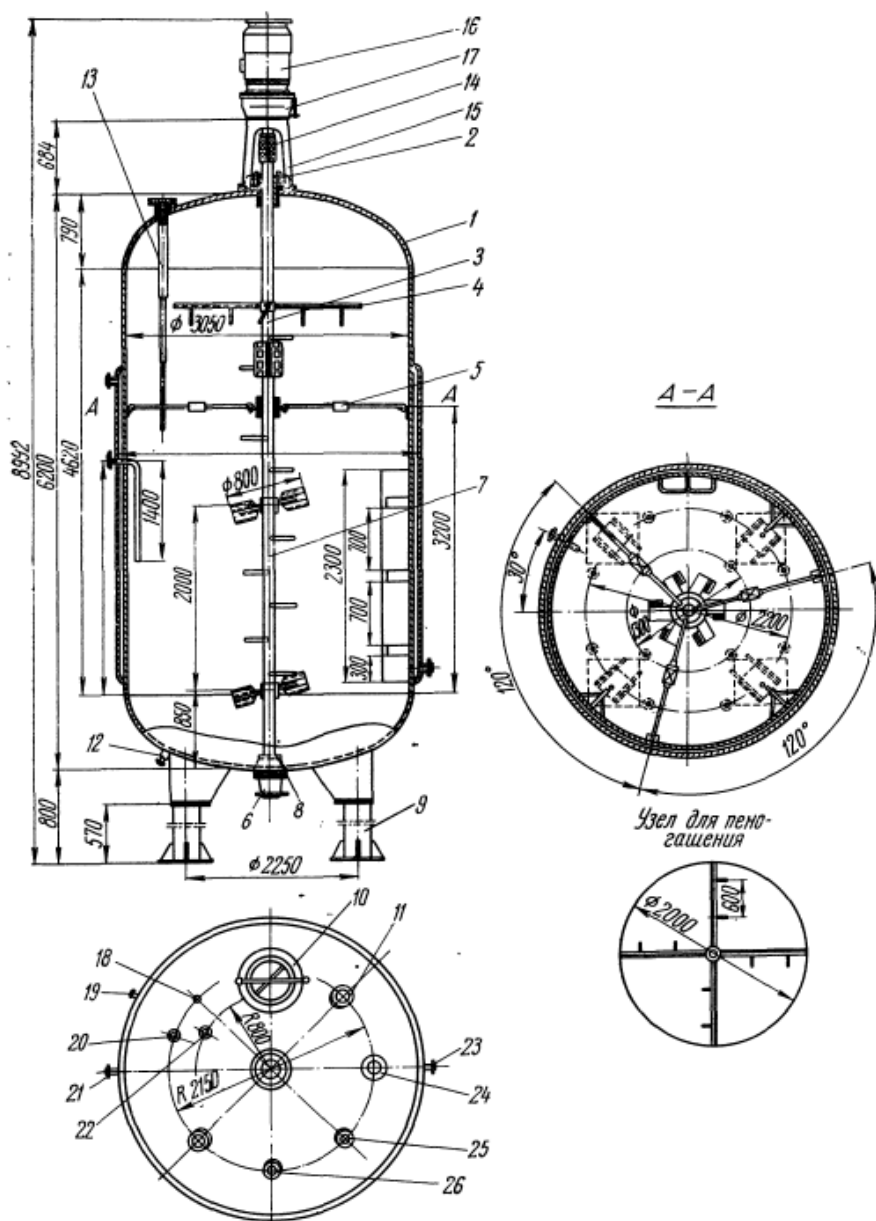


Рис. 77а. Ферментатор конструкции КБ ВНИИФСа с механической мешалкой и подводом воздуха через форсунки:

1 — корпус; 2 — сальниковое уплотнение; 3 — промежуточный вал; 4 — бичи для пеногашения; 5 — тяги; 6 — патрубок; 7 — вал с лопастями; 8 — подпятник; 9 — стойка; 10 — лаз; 11 — смотровое окно; 12 — форсунка; 13 — гильза для термометра; 14 — муфта; 15 — стойка; 16 — электродвигатель; 17 — редуктор; 18–26 — патрубки для технологических сред.

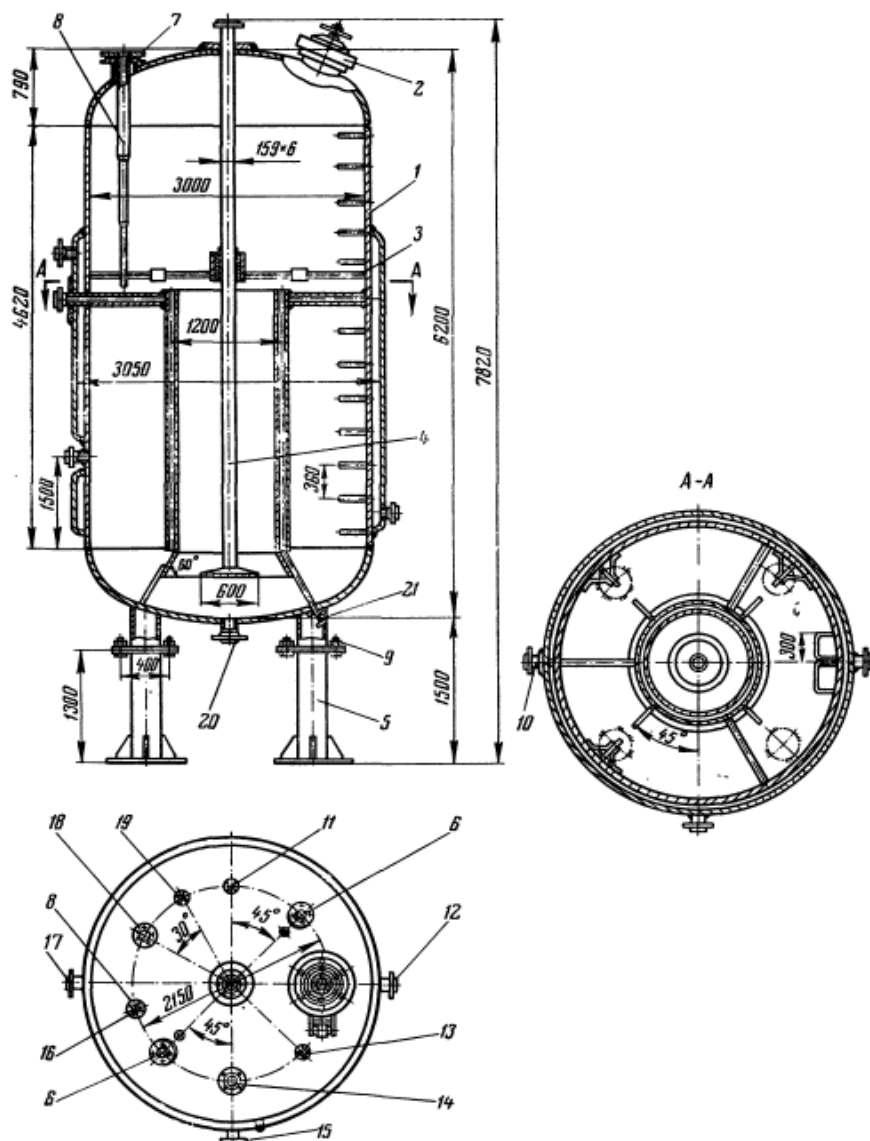


Рис. 78а. Ферментатор с пневматическим перемешиванием и аэрированием среды конструкции КБ ВНИИФСа:

1 — корпус; 2 — лаз-паук диаметром 400 мм; 3 — тяги; 4 — аэратор; 5 — стойка; 6 — смотровое окно; 7 — фланец; 8 — гильза для термометра; 9 — гайка; 10 — штуцер для выхода воды; 11, 12 и 13 — штуцера для пеногасителя, для ввода воды и для манометра; 14, 15, 16, 17, 18 и 19 — штуцера для выхода воздуха, отбора пробы, для гильзы термометра, выхода воды, для манометра и загрузки посевной среды; 20 — штуцер для спуска продукта; 21 — штуцер для ввода воды.

7. ДОЗАТОР ДЛЯ ПЕНОГАСИТЕЛЯ

При перемешивании среды в ферментаторе в период развития в нем микроорганизмов во многих случаях происходит образование пены и вынос ее из аппарата. Во избежание образования пены в ферментаторы вводят жидкие пеногасители в количестве 0,8—1 кг на 1 м³ среды. Предварительно пеногаситель подвергают тепловой стерилизации во избежание внесения с ним инфекции в среду. Стерилизацию и охлаждение производят в отдельном аппарате (рис. 79а), из которого пеногаситель перепускают в сборник-дозатор (рис. 79б).

Применяют также устройства для механического гашения пены в ферментаторах.

Рис. 79а. Стерилизатор для пеногасителя:

1 — корпус; 2 — накладка; 3 — фланец; 4 — прокладка; 5, 10, 13, 14 и 15 — патрубки; 6 — гайка; 7 — бобышка; 8 — гильза для термометра; 9 — донышко; 11 — лапа; 12 — змеевик; 16 — днище; 17 — крышка; 18 и 19 — фланцы; 20 — болт; 21 — гайка; 22 — шайба; 23 — указатель уровня.

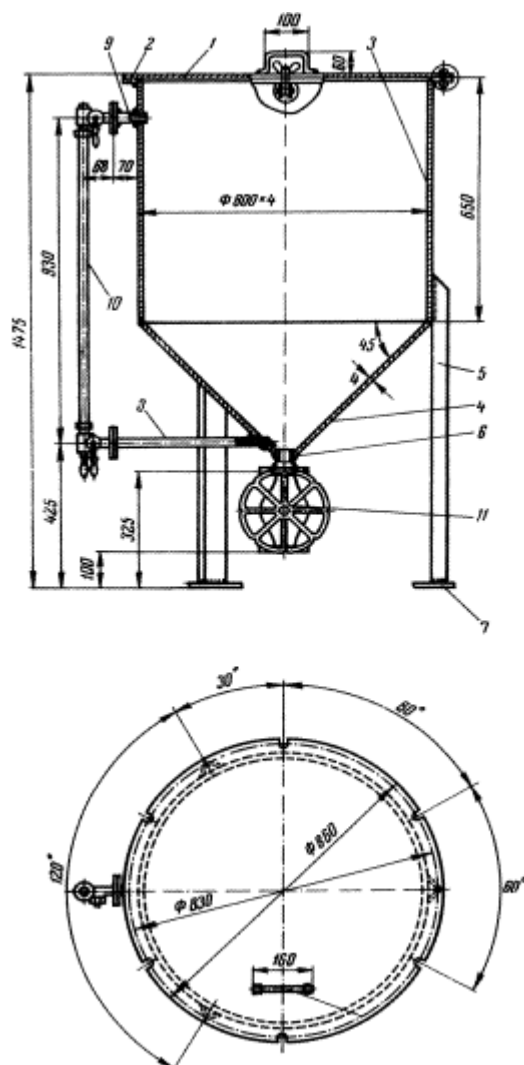


Рис. 796. Сборник-дозатор для пеногасителя:

1 — крышка; 2 — фланец; 3 — корпус; 4 — днище; 5 — стойка; 6, 8 и 9 —
патрубки; 7 — плита; 10 — указательное стекло; 11 — вентиль

Составитель Мезенов Артём Анатольевич

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

