

**Кокиева Галия Ергешевна,**

*д-р техн. наук, профессор кафедры «Прикладная механика»;*

**Кондакова Надежда Ивановна,**

*преподаватель;*

**Трофимова Варвара Семеновна,**

*студентка группы ТСА-15.*

*ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия»,*

*г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия*

## **БЛОК-СХЕМА РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА МИКРОБНОГО СИНТЕЗА ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ОБОРУДОВАНИЯ ПУТЕМ ПРИНЦИПА ГАЗЛИФТА**

Процесс культивирования микроорганизмов сопровождается большим ростом популяции аэробных микроорганизмов, для чего необходим подвод кислорода. Под действием кислорода происходит окисление органических субстратов и обеспечение клеток необходимой для нее энергией. Основу микробного синтеза составляет принцип газлифта, гидродинамика и массообмен.

**Ключевые слова:** окисление органических субстратов, подвод кислорода, подвод кислорода, перемешивание, ферментация.

Применение в производстве барботажных ферментаторов имеет ряд своих преимуществ:

- возможность конструирования деталей в различных частях оборудования, в частности аэратора, осуществляющего подвод кислорода и поддержание температуры культивируемой среды за счёт возможности применения теплообменной аппаратуры в различных зонах аппарата для культивирования микроорганизмов;

- устройство механического перемешивания культуральной жидкости позволяет интенсивно производить перемешивание по всему объему полезного объема ферментатора, что в свою очередь увеличивает биомассу продукции кормового белка.

При подводе кислорода происходят два процесса: абсорбция кислорода ферментационной жидкостью из пузырьков воздуха и усвоение растворённого кислорода в жидкости. В Таблице 1 приведены расчётные формулы для определения массоотдачи и поверхности раздела фаз.

Таблица 1 – Расчётные формулы для определения массоотдачи и поверхности раздела фаз

№п/п	Вид расчетной формулы	Примечание
1	$dM = \beta_{ж} (x_p - x) F d\tau$	уравнение массоотдачи для жидкой фазы, где: $M$ – концентрация кислорода, кг; $\beta_{ж}$ – коэффициент массоотдачи в жидкой фазе, м/ч; $x_p$ – равновесные концентрации кислорода, кг/м <sup>3</sup> ; $x$ – рабочая концентрация кислорода в жидкой фазе, кг/м <sup>3</sup> ; $F$ – площадь поверхности массоотдачи, м <sup>2</sup> ; $\tau$ – продолжительность процесса, ч.
2	$F = V_p a$	площадь поверхности раздела фаз $F$ в барботажных аппаратах, где: $V_p$ – рабочий объем ферментатора, м <sup>3</sup> ; $a$ – удельная площадь поверхности массоотдачи, м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>

Объёмный коэффициент массопередачи кислорода в жидкой фазе определяет обеспеченность необходимой потребности поступления кислорода в культуральную жидкость. Насыщенность питательной культуральной жидкости в аппарате для культивирования микроорганизмов является основным из гидродинамических характеристик газлифтных реакторов.

Конструктивная особенность перемешивающего устройства оказывает большое влияние на скорость жидкой фазы газожидкого потока и соотношение площадей аэрируемой и неаэрируемой зон. Анализ технологического процесса как объекта моделирования выявил в качестве основного аппарата моделирования биореактор. На рис.1 представлена схема биореактора.

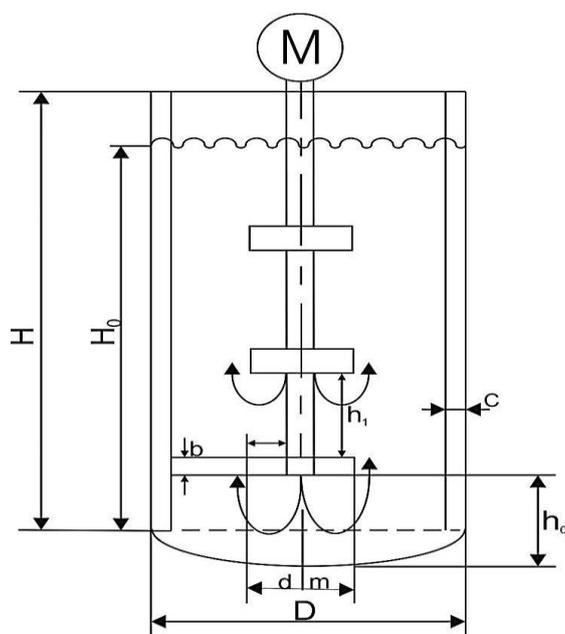


Рисунок 1 – Схема биореактора

Для синтеза модели процесса, предназначенной для решения задачи оптимального уравнения, принимаются следующие допущения:

- реальный процесс можно представить математической моделью, определяющей характер связи между существенными переменными и управляющими взаимодействиями и содержащей рациональное число уравнений;

- только один компонент в культивируемой питательной среде в подпитывающем растворе, окружающем растущие клетки в культуральной среде, обуславливает скорость роста микроорганизмов и вместе с тем влияет на скорость микробного синтеза получения белково-витаминного концентрата; остальные составные компоненты культуральной питательной среды находятся в избытке по отношению к их потребности;

- при изменении внешних условий биологическая инерционность не учитывается;

- изменение объёма ферментатора не учитывается, так как лимитирующий субстрат подается в больших количествах.

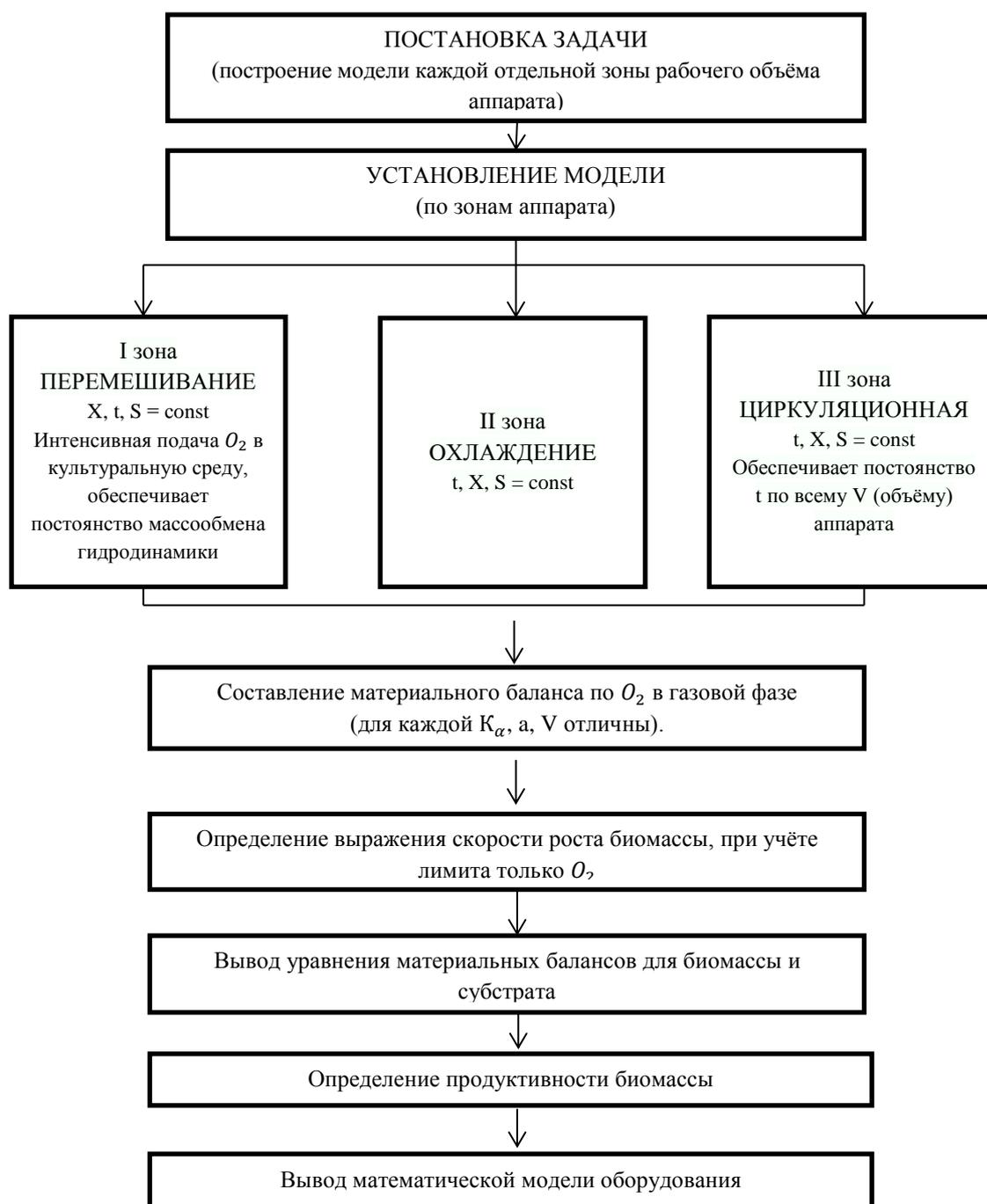


Рисунок 2 – Блок-схема разработки математической модели и алгоритма управления процессом микробного синтеза

Для синтеза модели процесса, предназначенной для решения задачи оптимального уравнения, принимаются следующие допущения:

- реальный процесс можно представить математической моделью;
- только один компонент в культивируемой питательной среде в подпитывающем растворе, окружающем растущие клетки в культуральной

среде, обуславливает скорость роста микроорганизмов и вместе с тем влияет на скорость микробного синтеза получения белково-витаминного концентрата; остальные составные компоненты культуральной питательной среды находятся в избытке по отношению к их потребности;

- при изменении внешних условий биологическая инерционность не учитывается;

- изменение объёма ферментатора не учитывается, так как лимитирующий субстрат подается в больших количествах.

Для обобщения полученных результатов в ходе теоретических и экспериментальных исследований, выделения основных взаимосвязей и закономерностей, которые характеризуют изучаемый процесс, в основном используют метод математического моделирования. Данный метод позволяет описать поведение микроорганизмов, как правило, системой алгебраических или дифференциальных уравнений, связывающих важнейшие технологические и биохимические параметры.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокиева Г.Е. Исследование дрожжевания кормового белка в оборудовании пищевой промышленности / И.Б. Шагдыров, Г.Е. Кокиева // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2016. – № 2. – С. 95-100.

2. Кокиева Г.Е. Пат. 2565557 Российская федерация, МПК С 12 М 1/02, С 12 М 1/04, С 12 М 1/21. Аппарат для культивирования микроорганизмов / Кокиева Г.Е., Шагдыров И.Б., Шагдыров Б.И., Болохоев В.С.; Заявитель и патентообладатель – Бурят. гос. с.-х. акад. им. В.Р. Филиппова. – № 2014127113/10; заявл. 02.07.14 ; опубл. 20.10.15, Бюл. № 29. – 7 с.: ил.

3. Кокиева Г.Е. Анализ особенностей эксплуатации аппаратов для культивирования микроорганизмов / Г.Е. Кокиева / Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона: матер. III рег. науч.-практ. конф. – Улан-Удэ, 2013. – С. 39-42.