

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Иркутский национальный исследовательский технический университет»

Институт высоких технологий

Оценочные материалы

**ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ АППАРАТОВ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОИЗВОДСТВ**

19.04.01 Биотехнология

Технология биологически активных веществ

Магистр

Очная

Документ подписан простой электронной
подписью

Составитель: Привалова Е.А.

Дата подписания: 17.09.2026

Документ подписан простой электронной
подписью

Руководитель структурного подразделения /

Руководитель ООП: Евстафьев Сергей

Николаевич

Дата подписания: 17.09.2026

Год набора - 2027 г.

Иркутск, 2026 г.

3 семестр/ОПК-2

Множественный выбор

Какие из перечисленных САД-систем в наибольшей степени адаптированы для проектирования биореакторов за счет встроенного приложения "Сосуды и аппараты" и генератора спецификаций по ГОСТ?

Компас 3D

AutoCAD

NanoCAD

SolidWorks

Множественный выбор

Какие базы данных следует использовать для определения свойств предполагаемого конструкционного материала при проектировании биореактора?

Марочник стали и сплавов

Центральный металлический портал

Энциклопедия стали и сплавов

Protein Data Bank

ChemPort

Множественный выбор

Какие онлайн-ресурсы позволяют осуществлять предварительный анализ стехиометрических моделей при культивировании микроорганизмов, необходимый для конструирования биореактора?
--

KEGG Pathway Database

BioUML

BKIPM

ChemPort

MatWeb

Множественный выбор

Какую роль выполняют SCADA- системы в контексте конструирования биотехнологических аппаратов
--

Создание алгоритмов управления и интерфейса оператора для спроектированного аппарата

Расчет толщины стенки биореактора

3D-визуализация сконструированного объекта
--

Определение архитектуры биореактора

Множественный выбор

Что включает профессиональная задача конструирования биореактора?

Проверка расчетом работоспособности аппарата

Анализ напряжений и деформаций в САЕ-системе

Подготовка презентации на основе чертежа NanoCAD
--

Написание пояснительной записки

Соответствие

<u>Установите соответствие между направлением совершенствования технологического процесса и применяемым конструктивным решением.</u>
--

Повысить эффективность перемешивания биотехнологической среды

Установка диффузора

Повысить эффективность процесса теплообмена

Использовать выносной теплообменник
--

Уменьшить пенообразование

Сократить подачу воздуха

Короткий ответ

Характеристики какого двухфазного потока необходимо использовать при расчете аэрационного устройства биореактора?

Жидкость-пузырьки воздуха

Короткий ответ

Какой вид уплотнения вращающегося вала необходимо использовать в случае необходимости герметизации реакционного пространства аппарата?
--

Торцовое

Короткий ответ

Какой конструктивный элемент можно использовать для создания осевых потоков при перемешивании пропеллерной мешалкой?
--

Диффузор

Короткий ответ

Что служит основой для проектирования стерилизационного оборудования?

Тепловой баланс

3 семестр/ОПК-5

Множественный выбор

При расчете теплового баланса биореактора с рубашкой было обнаружено, что площадь рубашки недостаточна для эффективного охлаждения. Что следует предпринять?
--

Предусмотреть установку внутренних змеевиков или выносного теплообменника
--

Увеличить скорость вращения мешалки

Уменьшить концентрацию субстрата

Множественный выбор

Какие действия относятся к верификации модели биореактора?
--

Проверка правильности решения расчетных уравнений
--

Составление перечня основных конструктивных элементов аппарата
--

Сравнение результатов расчета с реальными экспериментальными данными
--

Множественный выбор

Какие данные необходимо представить, чтобы доказать преимущество новой конструкции биореактора перед стандартной?

Сравнительные таблицы критериев (мощность, производительность, эффективность перемешивания и др.)
--

Максимально подробное описание конструкции
--

Максимально детальный чертеж аппарата

Множественный выбор

Какая физико-механическая характеристика используется при расчете на механическую прочность узлов аппарата?

Допускаемое напряжение

Предел прочности

Ударная вязкость

Множественный выбор

От чего зависит коэффициент прочности сварного шва?

От вида сварного шва

От способа сварки

От толщины свариваемых деталей

Множественный выбор

Какие нормативные документы определяют методы расчета на механическую прочность емкостных аппаратов?
--

ГОСТы 34233.1–34233.8

Технологический регламент производства
--

Санитарные нормы и правила

Упорядочение

Какова должна быть последовательность конструирования реактора, предназначенного для проведения биотехнологического процесса?

1) Концептуальная модель

2) Кинетический расчет

3) Гидродинамическая модель

4) Прочностной анализ

5) Верификация и интерпретация

Соответствие

<u>Установите соответствие между вариантом нагружения аппарата и фактическими условиями его эксплуатации.</u>

Среда в аппарате газовая, абсолютное давление 0,3 МПа

Аппарат нагружен внутренним давлением
--

Среда в аппарате газовая, абсолютное давление 0,08 МПа
--

Аппарат нагружен наружным давлением
--

Среда в аппарате жидкая под атмосферным давлением, аппарат имеет наружную рубашку, давление в рубашке 0,4 МПа

Аппарат испытывает комбинированные нагрузки
--

Пропущенное слово

[Коническая] форма днища обеспечивает наилучшее удаление осадков.

Короткий ответ

Какую величину необходимо проверить по окончании прочностного расчета для подтверждения прочности конструктивного элемента аппарата?
--

Допускаемое избыточное давление
--

3 семестр

Эссе		
Содержание задания	Критерии для оценивания	Коды компетенций
<u>Необходимо спроектировать корпус биореактора с рубашкой. Какое ПО в наибольшей степени подходит для решения этой задачи? Приведите аргументы в пользу предлагаемого вами ПО. Какие мероприятия необходимо провести для проверки прочности спроектированного аппарата? Каков критерий оценки прочности?</u>	Выбор ПО: студент должен указать, что для решения данной задачи в наибольшей степени подходит КОМПАС-3D. Аргументы в пользу ПО КОМПАС-3D: данное ПО имеет приложения «Сосуды и аппараты», библиотеки стандартных элементов (днища, фланцы) и встроенный модуль прочностного расчета APM FEM, который позволяет проверить напряжения, не покидая среду проектирования. Мероприятия для проверки прочности аппарата: студент должен пояснить, что необходимо провести прочностной расчет аппарата по стандартным методикам (изложенным в ГОСТ), используя возможности встроенного модуля прочностного расчета APM FEM, Excel или Math CAD. Критерий оценки прочности: Допускаемое рабочее давление в конце срока службы аппарата должно быть больше рабочего.	ОПК-2, ОПК-5
<u>В программе NanoCAD требуется спроектировать нестандартную эллиптическую крышку биореактора. Какой инструмент профессиональной адаптации среды проектирования следует использовать, чтобы автоматизировать построение подобных крышек в будущем по ГОСТ, задавая только диаметр аппарата? Какие действия по адаптации ПО следует провести?</u>	Возможность адаптации ПО к инженерной задаче: студент должен указать, что nanoCAD не имеет встроенных специализированных библиотек конструктивных элементов емкостных аппаратов. В связи с этим в качестве инструмента профессиональной адаптации среды проектирования следует использовать параметрическое моделирование. Создание параметрических 3-D моделей позволяет создать базу типовых элементов конструкций, используемых в биореакторах, и тем самым адаптировать универсальный CAD под конкретные задачи биотехнологии. Действия по адаптации ПО: в данном случае необходимо создать параметрическую 3D-модель эллиптической крышки с таблицей переменных. Данное действие позволит автоматизировать построение элемента с изменением параметров.	ОПК-2, ОПК-5
<u>Условия работы проектируемого биореактора предполагают использование среды с pH 3, питательная среда будет стерилизоваться в этом же реакторе при 138°C. Проведите оценку рабочих условий в аппарате, определите основные требования к конструкционному материалу, опишите действия по подбору конструкционного материала для корпуса данного биореактора с помощью специализированных баз данных.</u>	Оценка рабочих условий в аппарате: студент должен указать, что аппарат будет работать в кислой среде при повышенной температуре. Требования к конструкционному материалу: необходимо использовать легированную сталь, устойчивую к кислым средам и обладающую высокой прочностью при повышенных температурах. Описание действий по подбору материала с помощью баз данных: в доступной базе данных (например, электронные марочники стали и сплавов, Центральный металлический портал, Энциклопедия металлов) необходимо выбрать группу нержавеющих (легированных) сталей, проверить стойкость нескольких рабочих марок сталей к кислой среде и допустимую рабочую температуру. Для сравнения	ОПК-2, ОПК-5

	использовать следующие основные параметры: предел текучести при рабочей температуре и коррозионная стойкость. Для принятия окончательного решения необходимо найти компромисс между ценой и свойствами (например, 12X18H10T в сравнении с 10X17H13M2T для кислых сред).	
<u>При анализе данных расчетов теплового баланса биореактора, оснащенного рубашкой, было обнаружено, что при масштабировании аппарата (увеличении объема с 10 л до 10 000 л) отношение поверхности теплообмена к объему снижается в несколько раз. Сформулируйте возникающую проблему, предложите варианты решения задачи и мероприятия, которые следует провести для ее решения. Укажите критерий выбора окончательного решения.</u>	Формулировка проблемы: студент должен указать, что в описанном случае рубашка не справится со съемом биологического тепла, что может привести к нежелательным изменениям условий культивирования микроорганизмов. Варианты решения задачи: студент должен предложить установку внутренних змеевиков или выносного теплообменника. Мероприятия, которые следует провести для решения задачи: требуются дополнительные расчеты и сравнение эффективности теплоотдачи при различных вариантах оснащения аппарата. Критерий выбора решения: выбрать следует тот вариант, который обеспечит съём биологического тепла в полном объеме с коэффициентом запаса не менее 10%.	ОПК-2, ОПК-5
<u>При моделировании процесса стерилизации биореактора программа MathCAD или аналитический расчет предсказывает нагрев до 130°C за 30 мин. На реальном аппарате процесс занял 45 мин. Предложите стратегию системного поиска ошибки и мероприятия для повышения адекватности модели.</u>	Стратегия поиска ошибки должна включать: проверку параметров питательной среды, проверку фактических параметров пара (температура, давление), проверку коэффициента теплопередачи (учтены ли загрязнения стенки, снижающие теплоперенос), проверку адекватности учета теплотерь. Мероприятия для повышения адекватности модели: после уточнения исходных данных провести повторный расчет и добиться совпадения с экспериментом в пределах 5–10%.	ОПК-2, ОПК-5
<u>Необходимо выбрать уплотнение вращающегося вала мешалки для асептического биореактора. Сформулируйте проблему, опишите стратегию поиска необходимого узла с использованием каталогов. Какие действия следует предпринять, если ни один стандартный элемент из каталогов не подходит конструктивно?</u>	Формулировка проблемы: студент должен указать, что к биореактору, работающему в асептических условиях, предъявляются повышенные требования герметичности. Одним из проблемных мест является уплотнение вращающегося вала мешалки. Основные требования, предъявляемые к узлу уплотнения – это абсолютная стерильность, возможность безразборной мойки и стерилизации на месте. Данным условиям удовлетворяют двойные торцевые уплотнения. Стратегия поиска: подходящие варианты торцевых уплотнений можно выбрать с помощью электронных каталогов или интерактивных таблиц, дающих возможность подбора по рабочим характеристикам. Расчетные мероприятия можно провести с использованием онлайн калькулятора инженерных расчетов уплотнений HighExpert. Действия в случае, если ни один стандартный элемент из каталогов не подходит конструктивно: в этом случае при работе в ПО КОМПАС необходимо создать «умный блок» или параметрическую модель пользовательского компонента с необходимыми степенями свободы. Если работа производится в папоCAD, необходимо также создать параметрическую 3-D модель узла. Далее требуется провести симуляцию в CAE: расчет деформации манжеты, теплового расширения, анализ потоков пара в зоне двойного торцевого уплотнения.	ОПК-2, ОПК-5

<u>Необходимо выбрать оптимальный вариант конструкции мешалки биореактора. Как необходимо спланировать расчетно-теоретические мероприятия для решения данной задачи? Какое ПО необходимо использовать? Укажите основной критерий выбора конструкции мешалки.</u>	Мероприятия, которые следует провести для решения задачи: для мешалок разной конструкции необходимо получить несколько пар чисел: потребляемая мощность (N) и время перемешивания (t); по этим данным необходимо построить точечный график, на котором отобразить связь времени перемешивания и мощности. Используемое ПО: можно использовать Excel, MathCAD или Python. Критерий выбора: лучший вариант – точка в нижнем левом углу графика (минимальное время и минимальная мощность, что указывает на высокую энергоэффективность).	ОПК-2, ОПК-5
<u>Вы импортировали 3D-модель биореактора из КОМПАС-3D или nanoCAD в CAE-систему, и программа выдает ошибку: «обнаружены пересечения граней и зазоры». Какова причина возникновения этой ошибки? Как необходимо подготовить геометрию перед расчетом, чтобы избежать этих ошибок?</u>	Причина возникновения ошибки: студент должен указать, что CAE-системы не работают с так называемой «грязной» геометрией. Ошибка возникла из-за того, что 3-D модель не была должным образом подготовлена к передаче в CAE-систему. Подготовка модели к расчету в CAE: перед передачей модели в CAE-систему нужно упростить модель: убрать мелкие фаски, резьбы, бобышки и т.п., которые не влияют на гидродинамику, но создают проблемы для проведения анализа. Также необходимо проверить и соединить все поверхности в целостный объем, чтобы не было зазоров. Это стандартная процедура адаптации CAD-модели под CAE.	ОПК-2, ОПК-5
<u>Прочностной расчет показал превышение допустимых напряжений в месте приварки патрубка к корпусу биореактора. Означает ли это автоматически, что аппарат разрушится? Какое простейшее конструктивное изменение нужно внести в модель аппарата, чтобы снизить напряжение?</u>	Формулировка проблемы: студент должен указать, что в зоне сварки различных конструктивных элементов аппарата возможна концентрация напряжений, но это не обязательно означает его разрушение. В данном случае требуется укрепление конструктивного элемента. Возможные конструктивные изменения: студент должен предложить установку укрепляющего кольца в месте присоединения патрубка или увеличить радиус скругления в месте приварки, чтобы плавно перераспределить нагрузку. В обоих случаях необходимо провести повторный расчет для проверки прочности.	ОПК-2, ОПК-5
<u>Необходимо спроектировать биореактор с учетом возможности встраивания его в систему CIP. Сформулируйте возникающую проблему и требования к конструкции аппарата в контексте приспособленности к CIP</u>	Формулировка проблемы: студент должен указать, что система CIP (Clean in place) предусматривает автоматическую безразборную мойку емкостных аппаратов. Для эффективной мойки и дезинфекции аппараты должны быть изначально приспособлены к включению в систему CIP, что решается на этапе конструирования. Требования к конструкции аппарата в контексте приспособленности к CIP: Внутренние поверхности аппаратов должны обеспечивать свободный сток жидкости. Все углы и изгибы должны быть закругленными. При этом радиус закруглений должен быть не менее 6 мм. Щели и стыки должны отсутствовать. Сварные швы должны быть выполнены со снятым усилением и отполированы. В зоне контакта с биотехнологической средой или пищевым продуктом надлежит избегать использования резьбы. При установке моющей головки мертвые зоны должны отсутствовать, разбрызгиваемая жидкость должна полностью орошать внутреннюю поверхность аппарата.	ОПК-2, ОПК-5