

« 13 » 20

Уфа 2023

Правила проведения второго этапа
по профилю «ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Второй этап олимпиады состоит из задач по четырем разделам, составляющим область энерго- и ресурсосбережения в промышленности. Общее время проведения второго этапа олимпиады составляет 3 астрономических часа. При решении задач необходимо давать комментарии и объяснения выполняемых расчетов, строить графики и делать выводы, т.к. весь ход решения будет оцениваться.

ЗАДАНИЯ ОЧНОГО ЭТАПА:

№	Раздел, область знаний, учебная дисциплина	Кол-во баллов
1	Моделирование химико-технологических процессов Расчет кинетики химической реакции	10
2	Моделирование химико-технологических процессов Парная линейная корреляция	15
3	Промышленная экология Расчет суммарного выброса загрязняющих веществ в атмосферу от цеха коррозионной защиты металлических изделий	10
4	Промышленная экология Расчет выделения вредных веществ при сварке упаковочной пленки в цехе товарной продукции металлообрабатывающего предприятия	15
5	Оборудование химических производств Расчет изменения температуры потока, выходящего из АВО.	10
6	Оборудование химических производств Сохранение тепловой энергии и сокращение тепловых потерь в окружающую среду	15
7	Защита от коррозии Определение необходимого объема ингибитора	10
8	Защита от коррозии. Определение скорости коррозии	15
	ВСЕГО	100

Задача 1. Моделирование химико-технологических процессов

Расчет кинетики химической реакции

Ключевые слова по теме задачи

Кинетика реакции, константа скоростей, целевой компонент, дифференциальные уравнения, системы дифференциальных уравнений, метод Эйлера, шаг интегрирования.

Рекомендуемая литература.

1. Демидович Б. П., Марон И. А. Основы вычислительной математики — М.: Наука, 1970.
2. Измаилов, А. Ф. Численные методы оптимизации / А. Ф. Измаилов, М. В. Солодов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.
3. Умергалин Т.Г. Основы вычислительной математики [текст] : учеб. пособие / Т.Г. Умергалин; УГНТУ, каф. ВТИК. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2003.

Задача 2. Моделирование химико-технологических процессов

Парная линейная корреляция

Ключевые слова по теме задачи

Обработка результатов экспериментальных данных, корреляционный анализ, парная линейная корреляция, коэффициент линейной корреляции, уравнение регрессии.

Рекомендуемая литература.

1. Волков, Е.А. Численные методы [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — СПб: Лань, 2008.
2. Копченкова Н.В. Вычислительная математика в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.В. Копченкова, И.А. Марон — Электрон. дан. — СПб: Лань, 2009.
3. Аттеков А. В. Методы оптимизации / А. В. Аттеков, С. В. Галкин, В. С. Зарубин. М.: изд-во МГТУ им Н. Э. Баумана, 2003.

4. В. И. Губин, В. Н. Осташков. Статистические методы обработки экспериментальных данных: Учеб. пособие для студентов технических вузов.— Тюмень: Изд-во «ТюмГНГУ», 2007.— 202 с.

Задача 3. Промышленная экология

Расчет суммарного выброса загрязняющих веществ в атмосферу от цеха коррозионной защиты металлических изделий

На балансе металлообрабатывающих предприятий содержатся цеха коррозионной защиты металлических изделий. Здесь производится нанесение антикоррозионных покрытий различными методами. Один из них – метод горячего цинкования (нанесение на поверхность детали защитного цинкового покрытия), который осуществляется в горячем расплаве в специальных укрытых ваннах в диапазоне температур 450-480⁰С. Состав используемого расплава представлен следующими соединениями: цинк марки ЦО (92-96%), алюминий (3-5%), свинец (3-3,5%). Процесс цинкования сопровождается выделением загрязняющих веществ – оксид цинка, монооксид углерода, диоксид азота, монооксид азота.

С целью снижения негативного воздействия на атмосферу применяется различное газоочистное оборудование выбор которого базируется на количестве образующихся в процессе работы цеха загрязняющих веществ.

Ключевые слова по теме задания:

Коррозионная защита, антикоррозионное покрытие, горячее цинкование, выбросы от нанесения антикоррозионного покрытия, газоочистное оборудование, оксид цинка, монооксид углерода, диоксид азота, монооксид азота.

Рекомендуемая литература.

1. Расчетная инструкция (методика) «Удельные показатели образования вредных веществ, выделяющихся в атмосферу от основных видов технологического оборудования для предприятий радиоэлектронного

комплекса» (утверждена Федеральным агентством по промышленности Российской Федерации, 2006 год)

Задача 4. Промышленная экология

Расчет выделения вредных веществ при сварке упаковочной пленки в цехе товарной продукции металлообрабатывающего предприятия

Цех товарной продукции металлообрабатывающих предприятий включает линию упаковки произведенной продукции. Наиболее вредным технологическим процессом в плане негативного воздействия на здоровье работников является упаковка готовой продукции в полиэтиленовую пленку.

Данный процесс осуществляется с применением термо-упаковочной машины, в которой производится сварка пленки. В результате расплавления пленки в воздушную среду производственного помещения выделяются такие вещества как ацетальдегид, углерода оксид, формальдегид, уксусная кислота.

Для разработки эффективных мероприятий по предупреждению и профилактике развития профессиональных заболеваний, а также снижению негативного воздействия на атмосферу, необходимо обладать компетенциями по расчету количества загрязняющих веществ, образующихся от различных технологических процессов в цехе товарной продукции металлообрабатывающих предприятий.

Ключевые слова по теме задания:

Термо-упаковочная машина, сварка пленки, ацетальдегид, углерода оксид, формальдегид, уксусная кислота.

Рекомендуемая литература.

1. Расчетная инструкция (методика) «Удельные показатели образования вредных веществ, выделяющихся в атмосферу от основных видов технологического оборудования для предприятий радиоэлектронного

комплекса» (утверждена Федеральным агентством по промышленности Российской Федерации, 2006 год)

Задача № 5-6. Оборудование химических производств

Расчет изменения температуры потока, выходящего из АВО. Сохранение тепловой энергии и сокращение тепловых потерь в окружающую среду

Задачи теплообмена являются важными в любом технологическом процессе. Эффективность теплообмена является актуальной задачей энерго- и ресурсосбережения. В любом технологическом процессе требуется нагревать или охлаждать потоки. Если в теплообменных аппаратах используются специальные хладагенты или теплоносители, тогда особенно актуальной является задача подбора оптимальных параметров процесса, с точки зрения энерго и ресурсосбережения.

Одним из теплообменных аппаратов, предназначенных для охлаждения потока, является аппарат воздушного охлаждения (АВО). В них в качестве хладоносителя используется поток воздуха, нагнетаемый вентилятором. Температура воздуха на входе в АВО зависит от времени года, потому что воздух забирается непосредственно из окружающей среды. Регулировать теплосъем с поверхности, и таким образом регулировать температуру целевого потока можно регулировкой скорости вращения вентилятора и углом наклона лопастей. Увеличивая скорость вращения лопастей вентилятора, увеличивают скорость потока воздуха, таким образом увеличивается теплосъем с теплообменной поверхности. Теплосъем выражается коэффициентом теплоотдачи с поверхности. Поскольку коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха всегда будет меньше, чем со стороны жидкостного потока внутри труб, то для уравнивания количества подводимого и отводимого тепла, трубы АВО делают ребренными.

Оребрение позволяет увеличить площадь теплообменной поверхности с той стороны, с которой теплосъем протекает хуже. В расчетных формулах оребрение выражается коэффициентом ϕ , который показывает во сколько раз наружная поверхность больше, чем внутренняя.

ФОРМУЛЫ ДЛЯ СПРАВОК.

Уравнение теплопередачи:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t$$

где K – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²°C);

F – площадь теплообмена, м²;

Δt – температурный напор, °C.

Уравнение коэффициента теплопередачи:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\phi \cdot \alpha_2}}$$

где $\alpha_1, 2$ – коэффициенты теплоотдачи со стороны жидкости и воздуха, соответственно, Вт/(м²°C);

δ/λ – термическое сопротивление стенки, (м²°C)/Вт;

ϕ – коэффициент оребрения.

Количество тепла потока:

$$Q = c \cdot G \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}})$$

где c – коэффициент теплоемкости потока, Дж/кг°С;

G – массовый расход потока, кг/с;

$t_{\text{вх}}, t_{\text{вых}}$ – температура потока на входе и на выходе, °C.

Таким образом изменение температуры целевого потока в АВО, при регулировке потока воздуха можно оценить по формуле:

$$t'_{\text{вых}} - t''_{\text{вых}} = \left(t_{\text{вх}} - \frac{Q'}{c \cdot G} \right) - \left(t_{\text{вх}} - \frac{Q''}{c \cdot G} \right) = \frac{Q'' - Q'}{c \cdot G} = (K'' - K') \cdot \frac{F \cdot \Delta t}{c \cdot G}$$

где K' – коэффициент теплопередачи до изменений;

K'' – коэффициент теплопередачи после изменений;

$t'_{\text{вых}}$ – температура целевого потока до изменений;

$t''_{\text{вых}}$ – температура целевого потока после изменений.

В теплообменных аппаратах важно обеспечивать эффективный теплоперенос, и регулируя режим потока, увеличивать коэффициент теплопередачи. Но не менее важной является задача сохранения тепловой энергии и сокращение тепловых потерь в окружающую среду. Эта задача решается установкой тепловой изоляции на оборудование и трубопроводы. Эффективность тепловой изоляции оценивается в минимизации тепловых потерь. Количественно эффективность тепловой изоляции выражается в двух параметрах: коэффициент теплопроводности, от которого зависит требуемая толщина изоляции; и плотность материала, от которого в совокупности с толщиной будет зависеть вес тепловой изоляции на оборудовании и трубопроводе.

При решении тепловых задач с тепловой изоляцией также используют формулы количества тепла и уравнение теплопередачи, в которое входит коэффициент теплопередачи. Расчет коэффициента теплопередачи немного упрощается при решении задач с тепловой изоляцией.

В общем виде формула коэффициента теплопередачи должна включать все элементы теплового сопротивления на пути теплового потока:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{ср}}} + \frac{\delta}{\lambda} + \left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_{\text{из}} + \frac{1}{\alpha_{\text{возд}}}}$$

где $\alpha_{\text{ср, возд}}$ — коэффициенты теплоотдачи со стороны среды и воздуха, соответственно, Вт/(м²°C);

δ/λ — термическое сопротивление стенки, (м²°C)/Вт;

$(\delta/\lambda)_{\text{из}}$ — термическое сопротивление изоляции, (м²°C)/Вт, где $\delta_{\text{из}}$ — толщина изоляции, м; $\lambda_{\text{из}}$ — теплопроводность изоляции, Вт/м°С.

Поскольку слой тепловой изоляции обладает во много раз большим термическим сопротивлением, чем стенка трубы, то термическим сопротивлением трубы обычно пренебрегают в задачах расчета тепловой изоляции. Аналогично, коэффициент теплоотдачи со стороны потока обычно во много раз выше, чем коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха,

поэтому в расчете учитывают только теплоотдачу со стороны воздуха. Поэтому формула расчета коэффициента теплопередачи при расчете тепловой изоляции сокращается и используется в следующем виде:

$$K = \frac{1}{\left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_{\text{из}} + \frac{1}{\alpha_{\text{возд}}}}$$

Список литературы:

1) Расчет и проектирование теплообменников: учебное пособие для вузов / А. Н. Остриков, И. Н. Болгова, Е. Ю. Желтоухова [и др.] Под редакцией профессора А. Н. Острикова. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 372 с. – ISBN 978-5-8114-7769-2. – Текст: электронный// Лань электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/180777> (дата обращения: 06.02.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2) СП 61.13330.2012 Свод правил Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003

Задача 7-8. Защита от коррозии

Определение необходимого объема ингибитора. Определение скорости коррозии металлоконструкции

При гравиметрическом методе скорость коррозии характеризуется массовым показателем K_m (г/м²·час):

$$K_m = \frac{m_0 - m_1}{S\tau},$$

где m_0 – масса образца до испытания, г;

m_1 – масса образца после испытания, г;

S – начальная площадь поверхности образца, м²;

τ – время экспозиции, час.

Токовый показатель коррозии i (А/м²) и массовый показатель коррозии K_m^- (г/(м²·ч)) связаны уравнением:

$$i = K_m^- \frac{nF}{A_{Me}}$$

где i – токовый показатель коррозии, А/м²;

K_m^- – массовый показатель коррозии, г/(м²·ч);

n – валентность металла;

F – число Фарадея, $F=26,8$ А·ч/моль;

A_{Me} – атомная масса металла, $A_{Me} = 56$ г/моль;

Массовый показатель коррозии определяется:

$$K_m^- = \frac{iA_{Me}}{nF}$$

Если изменение массы образца прямо пропорционально глубине проникновения коррозии в условиях общей коррозии, то массовый показатель часто пересчитывают в глубинный (Π), который характеризует утонение образца в единицу времени, или проникновение коррозии в мм/год:

$$\Pi = \frac{K_m \times 8760}{7,87} \times 10^{-3},$$

где Π – глубинный показатель скорости коррозии, мм/год;

8760 – количество часов в году;

7,87 – плотность железа, г/см³.

Ключевые слова по теме задания:

Глубинный и массовый показатель коррозии, разрушение металла, утонение образца, электрохимическая коррозия, коррозионная среда, число

Фарадея, определение эффективности защиты от коррозии, анодные и катодные участки коррозионного гальванического элемента.

Рекомендуемая литература.

1. Семенова, И.В. Коррозия и защита от коррозии [Текст]: учеб. пособие для вузов / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Физматлит, 2006. – 376 с.
2. Гареев А.Г., Ризванов Р.Г., Насибуллина О.А. Коррозия и защита металлов в нефтегазовой отрасли / под ред. А.Г. Гареева. – Уфа: Гилем. Башк.энцикл., 2016. – 352 с.
3. Кеше Г. Коррозия металлов. Физико-химические принципы и актуальные проблемы. – М.: Металлургия, 1984. – 400 с.