ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

«НОВОКУЙБЫШЕВСКИЙ НЕФТЕХИМИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**по выполнению работ на практических занятиях**

**ПМ 01 Эксплуатация технологического оборудования**

**МДК 01.01 Технологическое оборудование и коммуникации**

**Специальность СПО:**

**18.02.09 Переработка нефти и газа**

Новокуйбышевск, 2017 г

РАССМОТРЕНО УТВЕРЖДАЮ

предметной (цикловой) комиссией Заместитель директора по НМР

Протокол № \_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.Д. Щелкова

от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_201\_\_\_ г.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Н.В. Кирдишева

Разработчик:

ГАПОУ СО «ННХТ» преподаватель\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Ю.Н. Федотенкова

(место работы) (занимаемая должность) (И.О.Фамилия)

Методические указания (рекомендации) к практическим (лабораторным) занятиям по ПМ. 01 Эксплуатация технологического оборудования МДК 01.01 Технологическое оборудование и коммуникации для студентов ГАПОУ СО «ННХТ» по специальности 18.02.09., Новокуйбышевск, 2017 г.

Содержание

Пояснительная записка

Практическое занятие № 1 Технологические расчеты аппаратов Практическое занятие № 2 Составление материального баланса. Практическое занятие № 3 Составление энергетического (теплового) баланса.

Практическое занятие № 4 Механические расчеты аппаратов.

Практическое занятие № 5 Определить расчетное и пробное давление. Практическое занятие № 6 Экологическое обоснование различных материалов от рабочих условий.

Практическое занятие № 7 Расчет фильтров периодического действия

Практическое занятие № 8 Расчет электрофильтров

Практическое занятие № 9 Расчет поверхности теплообменного аппарата

Практическое занятие № 10 Расчет коэффициента полезного действия печи

Практическое занятие № 11 Расчет теплового баланса печи

Практическое занятие № 12 Решение расчетных задач

Практическое занятие № 13 Механический расчет тарелок

Практическое занятие № 14 Расчет диаметра колонны

Практическое занятие № 15 Расчет корпуса реактора на прочность

Практическое занятие № 16 Расчет температуры и давления в реакторе Практическое занятие № 17 Расчет привода механических мешалок Практическое занятие № 18 Расчет расхода водяного пара

Практическое занятие № 19 Изучение правил устройства аппаратов, работающих под давлением

Практическое занятие № 20 Проверка состояния оборудования

Информационные источники

Приложение 1 – Критерии оценок

Пояснительная записка

Методические указания (рекомендации) составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины МДК 01.01 Технологическое оборудование и коммуникации для специальности 18.02.09 Переработка нефти и газа ГАПОУ СО «ННХТ».

Цель методической разработки: закрепление полученных теоретиче-

ских знаний, приобретение расчетных навыков и навыков работы с графи-

ками, схемами, таблицами. Представленные задачи могут быть использо-

ваны для самостоятельной работы обучающихся.

Основная задача проведения практических занятий - знакомство с

технологическими процессами и их закономерностями, с техническими

устройствами и их характеристиками.

Цели и задачи практических занятий:

- убедиться в истинности приобретенных знаний;

- изучить методы оформления технической документации;

- получить навыки самостоятельной работы;

- уметь анализировать изучаемые теоретические и практические положения, устанавливать логическую связь между ними.

С целью овладения указанным видом профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями (ПК):

1. Контролировать эффективность работы оборудования

2. Обеспечивать безопасную эксплуатацию оборудования и коммуникаций при ведении технологического процесса.

3. Подготавливать оборудование к проведению ремонтных работ различного характера.

**Обучающийся должен иметь практический опыт:**

 подготовки к работе технологического оборудования и коммуникаций;

 эксплуатации технологического оборудования и коммуникаций;

 обеспечения бесперебойной работы оборудования;

 выявления и устранения отклонений от режимов в работе оборудования;

**уметь:**

 контролировать эффективность работы оборудования;

 обеспечивать безопасную эксплуатацию оборудования при ведении технологического процесса;

 подготавливать оборудование к проведению ремонтных работ различного характера;

 решать расчетные задачи с использованием информационных технологий.

Практическое занятие – одна из форм учебного занятия, направленная на развитие самостоятельности студентов, приобретение умений и формирования общих и профессиональных компетенций. Выполнение работ на практических занятиях способствует более глубокому пониманию, усвоению и закреплению материала междисциплинарного курса профессионального модуля, развитию художественного мышления и творческого замысла.

Методические указания содержат перечень практических занятий. Каждое практическое занятие включает в себя перечень материально-технической базы, последовательность выполнения работы, рекомендуемое время исполнения, иллюстративный материал по теме, а также ссылки на информационные источники, рекомендуемые для использования в работе.

В методических указаниях представлены критерии оценок уровня усвоения практического материала.

Перед тем как приступить к выполнению практического занятия, сле-

дует внимательно изучить методику выполнения обратить особое

внимание на вопросы техники безопасности.

**Тема: Основы технологических, тепловых, конструктивных и механических расчетов оборудования**

**Практическое занятие № 1: Технологические расчеты аппаратов**

*Целью данной работы* является ознакомление с методикой расчета основных технологических параметров гидравлических машин и приборов. Достижение общих компетенций:

• ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

• ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

• ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

*Задачей данной работы* является определение абсолютного и избыточного давления в аппарате и оказываемого на дно открытого резервуара.

*Место проведения*: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

*Время выполнения*: 6 часов

*Материально-техническое обеспечение*:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

4. Учебный видеофильм.

*Критерии оценок*: приложение №1.

*Теоретические сведения по выполнению работы*

Абсолютное давление, оказываемое жидкостью на дно открытого резервуара определяется из соотношения (1.1).

Рабс = Ро + ρGh , (1.1)

Где: Ро - атмосферное давление;

ρ- плотность жидкости;

H - высота столба жидкости.

В свою очередь величина абсолютного давления в аппарате при известном значении вакуума может быть найдена из соотношения (1.2), а именно.

Рабс= Ратм + Рв, (1.2)

где: Ратм - атмосферное давление;

Рв - остаточное давление в аппарате.

При этом высота столба жидкости в барометрической трубе может быть найдена из соотношения (1.3).

H= http://kyrator.com.ua/images/63/image004.png , (1.3)

где Р0 - атмосферное давление (Ро - 9,81\* 104 Па).

Расчет давления на дно или стенки сосудов рассчитывается по формуле (1.4).

Р =, http://kyrator.com.ua/images/63/image005.png (1.4)

где: F - сила, действующая на данную площадь;

S - площадь поршня или дна сосуда.

*Задания по выполнению работы*

Задача №1. Определить абсолютное и избыточное давление, оказываемое водой на дно открытого резервуара, заполненного на высоту 3 и 5 метров.

(Ответ. Избыточное давление р1 = 29430 Н/м2 (Па), Р2 =49050 Н/м2; абсолютное давление

Р1абс =127530 Н/м2, Р2абс= 147150 Н/м2).

Задача №2. Чему равно давление воды высотой 8м на дно бака длиной 2м и шириной 4м.

(Ответ. Р = 78400 Н/м2, Па).

Задача №3. Определить абсолютное давление в аппарате и на какую высоту поднимается вода в барометрической трубе, если известно, что вакуумметр показывает 500мм. рт. ст., атмосферное давление равно 750мм. рт. ст.

(Ответ. Рабс=250 мм. рт. ст., h = 6,6м).

Задача №4. Найти силу, которую необходимо приложить к большому поршню пресса, чтобы оба поршня находились в равновесии, если известно, что площадь одного поршня равна 10см2, а второго 100см2 и на малый поршень действует сила равная 10 Н.

(Ответ: F2 = 100 Н).

Вопросы для контроля и самопроверки

1. Какие виды коррозионных разрушений вы знаете?

2. Как влияет давление процесса на скорость коррозии.

3. Как влияет температура процесса на скорость коррозии.

4. Что понимают под механической прочностью оборудования и чем она обеспечивается.

5. Что такое герметичность оборудования и что она обеспечивает.

6. Что такое устойчивость оборудования и чем она достигается.

7. Что такое надежность и безопасность в эксплуатации и чем они достигаются.

8. Что понимают под рабочим, расчетным и условным давлениями.

9. Что понимают под рабочей и расчетной температурами.

10. Каким образом учитывается наличие пожаровзрывоопасной среды в аппарате при выборе допускаемых напряжений?

11. В какой последовательности выполняют проектирование оборудования?

12. От чего зависят фактические напряжения в элементах деталей или узлов аппаратов или машин.

13. Что входит в перечень работ по техническому освидетельствованию оборудования.

14. Что понимают под пробным давлением.

15. Виды испытаний оборудования на прочность.

16. Чем опасно пневматическое испытание оборудования воздухом.

17. Что понимают под термином технологическое оборудование.

18. Классификацию оборудования в соответствии с физико–химической сущностью протекающего в аппарате или машине технологического процесса.

19. Как отличить пластичные конструкционные материалы от хрупких.

**Практическое занятие № 2: Составление материального баланса.**

**Цель занятия**: Составить и рассчитать материальный баланс выпарного аппарата в производстве аммиачной селитры. Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

**Задачи:**

1. Приобрести практические навыки по составлению материального баланса.

2. Закрепить умения, подтверждающие теоретические знания.

*Место проведения*: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

*Время выполнения*: 10 часов

*Материально-техническое обеспечение*:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

*Критерии оценок:* приложение №1.

Теоретическая часть

Материальные расчеты, наряду с тепловыми, являются основой технологических расчетов. К ним следует отнести определение выхода основного и побочных продуктов, расходных коэффициентов по сырью, производственных потерь.

Материальный баланс может быть представлен уравнением, левую часть которого составляет масса всех видов сырья и материалов, поступающих на переработку ∑ Gисх , а правую — масса полу­чаемых продуктов ∑ GIкон , плюс производственные потери ΔG.

∑ Gисх =∑ GIкон

Основой материального баланса являются законы сохранения массы вещества и стехиометрических соотношений. Материальный баланс составляют по уравнению основной сум­марной реакции с учетом побочных реакций согласно закону сохранения массы вещества. Общая масса всех поступающих в аппарат (или в цех) материалов, т. е. приход, равен общей массе выходящих материалов, т. е. расходу. Материальный баланс составляют на единицу массы основного продукта (кг, т) или на единицу времени (ч, сутки). Определение массы вводимых компонентов и полученных продуктов производится отдельно для твердой, жидкой и газообразной фаз согласно уравнению:

Gа+Gв+………=GIа+ GIв+ GIс+ GIд+……..+ΔG

где, ΔG- производственные потери продукта

В процессе не всегда присутствуют все фазы, в одной фазе может содержаться несколько веществ, что приводит к упрощению или усложнению уравнения

При составлении полного баланса обычно решают систему уравнений с несколькими неизвестными. При этом могут быть использованы соответствующие формулы для определения равновесного и фактического выхода продукта, скорости процесса и др.

Теоретический материальный баланс рассчитывается на основе стехиометрического уравнения реакции. Для его составления достаточно знать уравнение реакции и молекулярные массы компонентов.

Практический материальный баланс учитывает состав исходного сырья и готовой продукции, избыток одного из компонентов сырья, степень превращения, потери сырья и готового продукта и т. д.

Задание на тему: «Материальные расчеты химико-технологических процессов»

*Пример № 1*

На упаривание поступает 9200кг/час 56- % ного раствора аммиачной селитры. После упаривания из выпарного аппарата выводится 5350 кг/ час раствора с конценрацией 96%NH4NO3 . Составить материальный баланс процесса упаривания

Исходные данные:

1.G1=9200кг/час 56- % ного раствора аммиачной селитры

2. GI2=5350 кг/ час раствора с конценрацией 96%NH4NO3 .

Решение

В выпарной аппарат поступает 9200кг/час раствора аммиачной селитры.

Расходная часть процесса упаривания будеть сставлятся из:

а) выпаренного раствора аммиачной селитры в количестве 5350 кг/ час;

б) вторичного пара ( пара, выделяющегося из раствора) и

в)производственных потерь, которые подсчитываются по разности между весом поступающего в аппарат раствора и количеством выпаренного раствора и вторичного пара.

Подсчитаем количество пара , удаляющегося из раствора аммиачной селитры в выпарном аппарате.

1.Количество растворителя(воды), поступающего на выпаривание с 56 -% ным раствором селитры

9200\*( 1- 0,56)= 4048 кг/час

2.Количество растворителя(воды),уходящего из выпарного аппарата выпариваемым раствором селитры

5350\* ( 1- 0,96) = 214 кг/час

3.Количество растворителя(воды), удаляющегося из раствора в виде вторичного пара

4048- 214 = 3834 кг/час

4.Количество выпаренного раствора и вторичного пара

5350+ 3834= 9184 кг/час

5.Производственные потери

9200-9184= 16 кг/час

Таблица 1 - Материальный баланс процесса упаривания аммиачной селитры

Приход Количество ,кг/час Расход Количество ,кг/час

Статья прихода Статья расхода

56-% ный раствор 9200 Раствор выпаренный 5350

( концентрация96%) аммиачной селитры

Пар вторичный 5334

Производственные потери 16

Итого: 9200 Итого: 9200

∑G(9200)исх =∑ GI (9200) кон

∑G(9200)исх -∑ GI (9200) кон =0

*Пример 2.* Составить материальный баланс производства окси-

да этилена при прямом производстве каталитическим окислением

этилена воздухом. Состав исходной газовой смеси, об. %: этилен – 3,

воздух – 97. Степень окисления этилена х = 0,5. Расчет вести на 1000

кг оксида этилена. Производство оксида этилена происходит по сле-

дующей схеме:

2СН2=СН2 + О2 → 2(СН2-СН2)О.

Решение. Рассчитываем статьи прихода.

По уравнению реакции находим расход этилена на 1000 кг ок-

сида этилена. Из 28 кг этилена образуется 44 кг (СН2-СН2)О [где 28 –

молярная масса этилена, 44 – молярная масса оксида этилена], или

АТ= (28 кг/моль · 1000 кг) : 44 кг/моль = 636,4 кг.

С учетом степени окисления 634,6 : 0,5 = 1272,8 кг

или 1272,8 кг ∙ 22,4 м3

/моль : 28 кг/моль = 1018,2 м3

Данные заносим в статью прихода табл.2 материального баланса.

Таблица 2 - Материальный баланс на 1000 кг оксида этилена

Приход Расход

Статья прихода Количество Статья расхода Количество

Кг м3  кг м3

Этилен 1272,8 1018,2 Оксид этилена 1000 509,1

Воздух, в том числе Этилен 636,4 509,1

кислород 9877 6913,9 Воздух, в том чис-

ле

азот 32511,5 26009,2 кислород 9513,4 6659,3

азот 32511,5 26009,2

Итого 43661,3 33941,3 Итого 43661,3 33686,7

Так как этилен и воздух – газы, материальный баланс ведется

также и по объему.

Объем воздуха в этилен-воздушной смеси составит:

V = 1018,2 м3∙ 97 % : 3 % = 32923,1 м3,

в том числе кислорода 32923,1 ∙ 0,21 = 6913,9 м3

[где 0,21 – доля кислорода в воздухе] или (6913,9: 22,4) ∙ 32 = 9877 кг; азота 32923,1 ∙0,79 = 26009,2 м3

[где 0,79 – доля азота в воздухе]

или (26009,2: 22,4) ∙ 28 = 32511,5 кг. Результаты заносим в табл. 2 в статью прихода.

Рассчитываем статьи расхода. Сразу записываем в статью расхода оксид этилена, которого необходимо получить - 1000 кг. Этилена не израсходовано половина количества, которое приходит на окисление, то есть 1272,8:2 = 636,4 кг. Объемы оксида этилена и этилен можно рассчитать как 1018,2:2 = 509,1 м3

Запишем эти данные в статью расхода. Кислорода израсходовано на окисление: (1018,2 ∙ 0,5): 2 = 254,6 м3. В продуктах окисления содержится следующее количество кислорода: 6913,9 - 254,6 = 6659,3 м3или (6659,3 ∙ 32) : 22,4 =9513,4 кг.

Количество азота переписываем из прихода, так как он в реакции не участвует

Ответ: для получения 1000 кг оксида этилена необходимо 1272,8 кг этилена и 42388,5 кг воздуха. Объем прихода и расхода не сходится в пределах 5 %, поэтому данный ответ удовлетворителен.

*Задание № 1 для самостоятельного выполнения*

Составить материальный баланс печи для сжигания серы. Расчет вести на производительность печи по сжигаемой сере в кг/ч. Процесс горения описывается уравнением: S + O2 → SO2. Исходные данные приведены в табл.5.

Таблица 3 - Исходные данные контрольного задания

Вариант Производительность Степень окисления Коэффициент избытка

печи, т/сутки серы воздуха

1 60 0,95 1,5

2 60 0,95 1,4

3 60 0,95 1,3

4 60 0,95 1,2

5 60 0,95 1,1

6 50 0,95 1,5

7 50 0,95 1,4

8 50 0,95 1,3

9 50 0,95 1,2

10 50 0,95 1,1

11 55 0,95 1,5

12 55 0,95 1,4

13 55 0,95 1,3

14 55 0,95 1,2

15 55 0,95 1,1

16 60 0,96 1,5

17 60 0,96 1,4

18 60 0,96 1,3

19 60 0,96 1,2

20 60 0,96 1,1

Контрольные вопросы

Что такое материальный баланс химического производства?

Что такое материальный поток и и материально – потоковый граф?

Какие виды материальных балансов существует в химическом производстве?

**Практическое занятие № 3 Составление энергетического (теплового) баланса.**

**Цель занятия:** Составить и рассчитать тепловой баланс. Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

Задачи:

1. Приобрести практические навыки по составлению энергетического баланса.

2. Закрепить умения, подтверждающие теоретические знания.

*Место проведения*: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

*Время выполнения*: 10 часов

*Материально-техническое обеспечение*:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

Критерии оценок: приложение №1.

1 Принцип составления энергетического (теплового) баланса.

Энергетический баланс составляют на основе закона сохранения энергии: в замкнутой системе сумма всех видов энергии постоянна.

Обычно в химико-технологических процессах составляется тепловой баланс. Применительно к тепловому балансу закон сохранения

энергии может быть сформулирован следующим образом: приход теплоты в данном цикле производства должен быть точно равен расходу ее в этом же цикле.

При этом должна быть учтена вся теплота, подводимая к аппа-

рату и выделяющаяся (поглощающаяся) в результате химической реакции или физического превращения; теплота, вносимая каждым компонентом, как входящим в процесс или аппарат, так и выходящим из него, а также теплообмен с окружающей средой.

Тепловой баланс выражают в виде формул, таблиц и диаграмм.

Энергетический (тепловой) баланс любого аппарата может быть представлен в виде уравнения, связывающего приход и расход энергии (тепла) процесса (аппарата). Энергетический баланс составляется на основе закона сохранения энергии, в соответствии с которым в замкнутой системе сумма всех видов энергии постоянна. Обычно для химических процессов составляется тепловой баланс. Уравнение теплового баланса:

ΣQпр = ΣQрасх (1.1)

или ΣQпр – ΣQрасх = 0 (1.2)

Применительно к тепловому балансу закон сохранения энергии

формулируется следующим образом: приход теплоты в данном аппарате

должен быть равен расходу теплоты в том же аппарате (или операции).

Для аппаратов (процессов) непрерывного действия тепловой баланс, как

правило, составляют на единицу времени, а для аппаратов (процессов)

периодического действия – на время цикла (или отдельного перехода)

обработки.

Тепловой баланс рассчитывают по данным материального баланса с

учетом тепловых эффектов (экзотермических и эндотермических) химических реакций и физических превращений (испарение, конденсация и т.п.), происходящих в аппарате с учетом подвода теплоты извне и отвода ее с

продуктами реакции, а также через стенки аппарата.

Тепловой баланс подобно материальному выражают в виде таблиц,

диаграмм, а для расчета используют следующее уравнение

Qт + Qж + Qг + Qф + Qр + Qп = Q'т + Q'ж + Q'г + Q'ф + Q'р + Q'п (1.3)

где Qт ,Qж ,Qг – количество теплоты, вносимое в аппарат твердыми,

жидкими и газообразными веществами соответственно; Q'т, Q'ж, Q'г –количество теплоты, уносимое из аппарата выходящими продуктами и полупродуктами реакции и не прореагировавшими исходными веществами в твердом, жидком и газообразном виде; Qф и Q'ф –теплота физических процессов, происходящих с выделением и поглощением (Q'ф) теплоты; Qр и Q'р – количество теплоты, выделяющееся в результате экзо- и эндотермических реакций (Q'р); Qп –количество теплоты, подводимое в аппарат извне (в виде дымовых газов, нагретого воздуха, сжигания топлива, электроэнергии и т.п.); Q'п –потери тепла в окружающую среду, а также отвод тепла через холодильники, помещенные внутри аппарата.

Величины Qт ,Qж ,Qг, Q'т, Q'ж, Q'г рассчитывают для каждого вещества,

поступающего в аппарат и выходящего из него по формуле:

Q = Gсt (1.4)

где G – количество вещества, с – средняя теплоемкость этого вещества; t –

температура, отсчитанная от какой-либо точки (обычно от 00С).

Теплоемкости газов в Дж/(кмоль·К), участвующих в процессе, для данной

температуры в 0С (или Т, К) можно подсчитать, пользуясь формулой:

С = а0 + а1Т + а2Т2 (1.5)

Коэффициенты а0, а1,а2 – приведены в справочниках.

Чаще всего приходится иметь дело со смесями веществ. Поэтому в

формулу (1.4) подставляют теплоемкость смеси Ссм, которая может быть

вычислена по закону аддитивности. Так, для смеси трех веществ в количестве

G1, G2 и G3, имеющих теплоемкости с1, с2 и с3

ссм = G1с1 + G2 с2 + G3 с3/ G1 + G2 + G3 (1.6)

Суммарная теплота физических процессов, происходящих в аппаратах,

может быть рассчитана по уравнению:

Qф = G1r1 + G2 r2 + G3 r3 (1.7)

где r1, r2 и r3 – теплота фазовых переходов; G1, G2 и G3 – количества

компонентов смеси, претерпевших фазовые переходы в данном аппарате.

Количество членов в правой части уравнения (1.7) должно соответствовать

числу индивидуальных компонентов, изменивших в аппарате свое фазовое

состояние.

Аналогично рассчитывается расход теплоты на те физические процессы,

которые идут с поглощением теплоты (Q'ф): десорбция газов, парообразование, плавление, растворение и т.п. Тепловые эффекты химических реакций могут быть рассчитаны на основе теплот образования или теплот сгорания веществ, участвующих в реакции. Так, по закону Гесса тепловой эффект реакции определяется как разность между теплотами образования всех веществ в правой части уравнения и теплотами образования всех веществ, входящих в левую часть уравнения.

Например, для модельной реакции: А + В = D + F + qр изобарный тепловой

эффект будет:

q¯р = qобр D + qобр F – ( qобр А + qобр В) (1.8)

Изобарные теплоты образования из элементов различных веществ q¯обр

(или –ΔН0) приведены в справочниках физико-химических,термохимических

или термодинамических величин. При этом в качестве стандартных условий

приняты: температура 250С, давление 1.01 \*105Па и для растворенных веществ концентрация 1 моль на 1 кг растворителя. Газы и растворы предполагаются идеальными.

Тепловой эффект реакции также равен сумме теплот образования

исходных веществ за вычетом суммы теплот образования продуктов реакции:

ΔН = Σ(ΔНобр)исх – (ΔНобр)прод (1.9)

Для определения зависимости теплового эффекта реакции от температуры

применяется уравнение Нернста:

qр = q¯р + Δа0Т + –½Δа1Т 2 + –1/3Δа2Т3 (1.10)

где Δа0, Δа1, Δа2 – разности соответственных коэффициентов уравнения

(1.5) для продуктов реакции и исходных веществ. Значения этих

коэффициентов для отдельных реакций приведены в справочниках.

Подвод теплоты в аппарат Qп можно учитывать по потере количества

теплоты теплоносителя, например, греющей воды (Gв и св)

Qп = Gвсв(tнач – tкон) (1.11)

пара Qп = Gr (1.12)

или же по формуле теплопередачи через греющую стенку:

Qп = kТ F((tr – tх)τ (1.13)

где kТ – коэффициент теплопередачи; F –поверхность теплообмена; tr –

средняя температура греющего вещества (воды, пара); tх –средняя температура нагреваемого вещества в аппарате; r –теплота испарения; τ –время.

По этой и другим формулам теплопередачи можно также рассчитать отвод

теплоты от реагирующей смеси в аппарате или потерю теплоты в окружающую среду Q'п. Эту статью расхода теплоты часто вычисляют по изменению количества теплоты хладагента, например, охлаждающей воды или воздуха.

Теплоту, получаемая при сжигании топлива или при превращении

электрической энергии в тепловую, подсчитывают по формулам:

для пламенных печей Qп = В Qнр (1.14)

для электрических печей Qп = Nß (1.15)

где В – расход топлива, м3/с или кг/с; Qр

п – низшая теплота сгорания

топлива, дж/м3 или Дж/кг; N – мощность печи, Вт; ß – размерный коэффициент.

При подсчетах теплоты сгорания топлива по его элементарному составу в

технических расчетах чаще всего используют формулу Менделеева

Qр

н = 339.3С + 1256Н – 109(О – S) – 25.2(9Н + W) (1.16)

Где С, Н, О, S – соответственно содержание углерода, водорода, кислорода

и серы, % масс.; W – содержание влаги в рабочем топливе (с учетом

содержания в нем А% золы, N% азота), % масс.

Высшая теплота сгорания Qрв вычисляется при условии, что вся вода,

образовавшаяся при сгорании, влага, первоначально содержащаяся в топливе, конденсируется из отходящих газов в жидкость и охлаждается до

первоначальной температуры, с которой поступает топливо в топку;

определяется по формуле:

Qрв = Qрн + 25.2 (9Н + W) (1.17)

На основе элементарного состава топлива, теоретический расход воздуха

G(в кг на 1 кг топлива) рассчитывается по уравнению

Gтеор. = 0.116с + 0.348Н + 0.0135(S – О) (1.18)

Количество тепла, вносимого влажным воздухом, Iвозд, можно подсчитать

по формуле:

Iвозд = α Gтеор(1.02 + 1.95х)tвозд.

где Gтеор– теоретический расход воздуха (в кг), идущего на сжигание 1 кг

рабочего топлива; α – коэффициент избытка воздуха (практически обычно для твердого топлива α берется от 1.3 до 1.7); 1.02 – удельная теплоемкость

воздуха; 1.95 – удельная теплоемкость водяных паров; х – влагосодержание

воздуха (в кг) на 1 кг сухого воздуха; tвозд – температура воздуха, поступающего на сгорание.

Расчет теплот химических и физических превращений

**Пример №1**.

Определить теоретическую теплотворную способность углистого

колчедана, содержащего 45%S и 5%С в кДж/кг, зная, что 1 кг чистого

колчедана при сгорании дает 7060кДж/кг, а 1 кг чистого углерода – 32700

кДж/кг.

4FеS2 + 11О2 → 2Fе2О3 + 8SО2 + Q

С + О2 → 2СО2 + Q1

Решение.

Чистый колчедан (пирит) содержит 64 · 100/120 = 53.35% S (120 –

мол. масса FеS2). Следовательно, рассматриваемая руда содержит:

Колчедан 45/53.35 = 0.842 кг, углерод 0.05 кг, пустая порода 0.108 кг.

Итого: 1 кг.

Q = 7060 · 0.842 + 32700 · 0.05 = 5940 + 1635 = 7575 кДж/кг

**Пример №2**.

Рассчитать теоретическую температуру горения метана природного газа

(теплота сгорания 890310 кДж/моль) при избытке воздуха 25% (α =1.25).

Решение.

Реакция горения метана

СН4 + 2О2 + 0.5О2 +2.5 · 3.76N2 = СО2 + 2Н2О (пар) + 0.5О2 + 2.5 · 3.76N2

Избыток

При начальной температуре метана и воздуха, равной 00С, и заданной

температуре горения, тепловой баланс выражается следующим уравнением:

Q = 890310 = (сСО2 + 2сН2О + 0.5сО2 + 2.5 · 3.76сN2) t

Средняя мольная теплоемкость газов и паров с в кДж/(кмоль·град):

18000С 19000С

О2 34.9 35.1

СО2 53.9 54.2

N2 33.1 33.2

Н2О (пар) 42.8 43.2

Следовательно, при 18000С

Q' = (53.9 + 2 · 42.8 + 0.5 · 34.9 + 2.5 · 3.76 · 33.1) · 1800 = (53.9 + 85.6 + 17.45 + 311) · 1800 = 467.95 · 1800 = 842000 кДж

Q' = 842000 кДж <Q = 890310 кДж

Возьмем при 19000С

Q" = (54.2 + 2 · 43.2 + 0.5 · 35.1 + 2.5 · 3.76 · 33.2) · 1900 = (54.2 + 86.4 + 17.55 + 312.44)· 1900 = 470.6 · 1900 = 906000 кДж

Q" = 906000 кДж >Q = 890310 кДж

Δt1 = 1900 – 1800 = 1000С

Q" – Q = 906000 – 890310 = 15690 кДж

Q – Q' = 890310 – 842000 = 58310 кДж

Δt = t – 1800

Δt = 15690 · 100/58310 = 26.80С

t = 1800 + 26.8 = 18260С.

**Пример № 3**.

Степень окисления SО2 в SО3 составляет: х1 = 0.55 и х2 = 0.96. Рассчитать

изменение температуры в зоне реакции, если средняя теплоемкость газовой

смеси, содержащей SО2 – 8%, О2 – 11% и N2 – 81%, условно принимается

неизменной и составляет 1.382кДж/(м3 ·0С)

Решение.

Расчет ведется на 100м3 газовой смеси:

SО2 + ½О2 ↔ SО3 + 94400 кДж/кмоль

Тогда Q1 = (8/22.4) · 0.55 · 94400 = 18480 кДж,

Q2 = (8/22.4) · 0.96 · 94400 = 32200 кДж

V1 = 100 – (8 · 0.55 · 0.5) = 97.8 м3

V2 = 100 – (8 · 0.96 · 0.5) = 96.16 м3

Δt1 = 18480/(1.382 · 97.8) = 1380С, Δt2 = 32200/(1.382 · 96.16) = 2440С

**Пример №4.**

На 1-ый слой контактного аппарата при 4500С подается 10000 м3/ч

исходной газовой смеси, содержащей (в %об.): SО2 – 10.0%. О2 – 11.0%, N2 –79.0%. В результате экзотермической реакции

SО2 + ½О2 ↔ SО3 + Q' (где Q' = 101420 – 9.26Тср кДж/моль)

Тср рассчитывают по формуле:

Тср = (Ткон – Тнач)/2.3 lg Ткон /Тнач.

Температура газа повысилась до 5800С. Определить степень окисления SО2

в SО3, если принять теплоемкость газа неизменной и равной с = 1.38 кДж/м3

(изменением объема в результате реакции пренебрегаем).

Решение.

Q = nсV(t2 – t1); Δt = t2 – t1 = 580 – 450 = 1300С;

Q = 1.38 · 10000 · 130 = 1794000 кДж

Тср = (580 – 450)/ 2.3lg(580/450) = 130/2.3 · 0.072 = 130/0.1655 = 785 К

Q ' = 101420 – 9.26 · 785 = 94150 кДж/кмоль

V SО3 = 1794000 · 22.4/94150 = 426 м3

Следовательно, степень превращения 426/1000 = 0.426

Расчет теплового баланса промышленных процессов

**Пример №1**.

Подсчитать тепловой баланс контактного аппарата для частичного

окисления SО2 производительностью 25000 м3/ч, если состав газовой смеси:

SО2 – 9%(об), О2 – 11%(об), N2 – 80%(об). Степень окисления 88%.

Температура входящего газа 4600С; выходящего – 5800С. Средняя теплоемкость

смеси (условно считаем ее неизменной) с = 2.052 кДж/(м3 /град). Потери тепла в

окружающую среду принимаем 5% от прихода теплоты.

Решение.

SО2 + ½О2 ↔ SО3 + 94207 кДж.

Состав газа приведен в таблице 1.

Исходный После аппарата

газ м3 газ м3

SО2 2250 SО2 2250 . 0.88 = 1980 2250 – 1980 = 270

SО3 - SО3 1980

N2 20000 N2 20000

О2 2750 О2 2750 – (1980/2) = 1760

итого 25000 24010

Приход теплоты. Физическая теплота газа:

Q1 = 25000 · 2.052 · 460 = 23598000 кДж

Теплоты реакции:

Q2 = 94207 · (2250/22.4) · 0.88 = 8290216 кДж

Всего ΣQпр = 31888216 кДж

Расход теплоты. Теплота, уносимая отходящими газами

Q3 = 24010 · 2.052 · 580 = 28564000 кДж

Qпот = 31888 · 103 · 0.05 = 1594400 кДЖ

Всего ΣQрасх = 30158400 кДж

Следовательно, необходимо отвести теплоты:

ΣQпр – ΣQрасх = 31888216 – 30158400 = 1729816 кДж

Данные теплового баланса сведены в таблицу 2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Приход | | | Расход | | |
| Исходные  данные | кДж | % | Конечные  данные | кДж | % |
| Q1 | 23598000 | 73.9 | Q3 | 28564000 | 89.6 |
| Q2 | 8290216 | 26.1 | Qпот | 1594400 | 5 |
|  |  |  | Qотв | 1729816 | 5 |
| итого | 31888216 | 100 | итого | 31888216 | 100 |

Пример №2.

Составить тепловой баланс реактора для получения водорода

каталитической конверсией метана. Расчет ведем на 1000м3 Н2. Потери теплоты

в окружающую среду примем 6% от прихода теплоты. Расчет ведем по реакции

СН4 + Н2О ↔ СО + 3Н2 – 206200 кДж

Исходные данные:

СН4 :Н2О = 1:2. Температура поступающих в реактор реагентов 1050С;

температура в зоне реакции 9000С. теплоемкости в кДж/(кмоль \*0С):

СН4 Н2О СО Н2

1000С 36.72 33.29 28.97 29.10

9000С - 38.14 31.36 29.90

Контрольные задания

Задание №1.

Рассчитать теоретическую температуру горения этана (теплота сгорания

1.65 \*106 кДж/моль) при избытке воздуха 20%.

Задание №2.

Определить количество теплоты, выделяющейся при обжиге 1 т FеS2,

содержащего 38% серы, если степень выгорания серы из колчедана х=0.96.

Процесс горения колчедана описывается следующим суммарным уравнением

4 FеS2 + 11О2 = 2Fе2О3 + 8SО2 + Q

Теплоты образования в кДж/моль: Fе2О3 – 821.3; SО2 – 296.90; FеS2 – 177.4.

Чистый FеS2 содержит 53.35% серы и 46.65% железа.

Задание №3.

Составить тепловой баланс генератора водяного газа при газификации 1 т

кокса, содержащего 93% (масс.) С; 4% (масс.) золы и 3% (масс.) Н2О и подаче

1575 кг водяного газа на 1 т кокса. При этом образуется 2190 кг водяного газа,

содержащего 89.9% (масс.) СО, 1.94% (масс.) СО2 и 8.16% (масс.) Н2.

Температура водяного газа на выходе из генератора 10000С, температура

подаваемого кокса 250С и водяного пара 1000С.

Задание №4.

Составить тепловой расчет кристаллизации плава аммиачной селитры в

грануляционной башне.

Исходные данные:

Температура воздуха на входе в гранбашню 300С, на выходе 600С; в башню

поступает на 1000 кг аммиачной селитры 1015.21 кг плава, содержащего 98.5%

NН4NО3; температура плава, поступающего в башню, 1500С; температура

гранул, выходящих из башни, 800С. Расчет ведется на 1000кг аммиачной

селитры.

**Практическое занятие № 4: Механические расчеты аппаратов**.

**Цель** механического расчета ректификационной колонны является определение размеров отдельных частей и элементов колонны, которые удовлетворяли бы условиям технологической целесообразности, механической прочности и устойчивости. Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

*Задачи:*

1. Приобрести практические навыки по определению размеров отдельных частей и элементов колонны

2. Закрепить умения, подтверждающие теоретические знания.

*Место проведения*: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

*Время выполнения*: 8 часов

*Материально-техническое обеспечение*:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

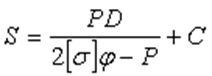
*Критерии оценок*: приложение №1.

**Расчет толщины стенок и опоры аппарата**

Обечайка – это цилиндрический корпус аппарата, который работает, как правило, под избыточным внутренним или внешним давлением.

Опоры для аппаратов в химической промышленности выбираются из расчета максимальной нагрузки, которую опора должна выдержать, во время испытания. Материал опоры выбирается в зависимости от температуры рабочей среды, емкости аппарата и т.д. Выберем сталь В Ст3 сп3 ГОСТ 380-71.

Толщина стенки обечайки рассчитывается по уравнению:



где –Р давление в аппарате, МПа;

D –диаметр обечайки, мм;

Ϭ–предельно допускаемое напряжение для материала изготовления, МПа;

ѱ – коэффициент прочности сварного шва, примем равным единице;

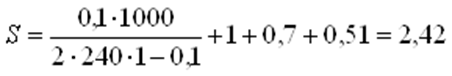
c – прибавка.

\* – прибавка на коррозию и эрозию, примем 1,0 мм;

– прибавка на минусовое отклонение по толщине листа, примем 0,7мм;

\* – технологическая прибавка, примем 0,51 мм.

Предельно допускаемое напряжение для данного материала равно 240 МПа.

мм

По расчётам, толщина обечайки равняется 2,42, но по техническим требованиям толщина стенки должна составлять минимум 10 миллиметров

Для подбора опор необходимо определить массу и нагрузку аппарата.

Определение массы аппарата.

Масса корпуса:



где Н – высота аппарата, м;

π – геометрическая постоянная (π =3,14);

D – диаметр колонны, м ;

s – толщина стенки, м [4];

ρ – плотность стали, кг/м2 [4].

кг

Масса крышки и днища:

кг

где D – диаметр колонны, м ;

s – толщина стенки, м [4];

ρ – плотность стали, кг/м3 [4].

кг

Масса тарелок:



где N – действительное число тарелок;

mm – масса одной тарелки, кг

кг

Масса воды при испытании:



где π – геометрическая постоянная (π =3,14);

D – диаметр колонны, м;

s – толщина стенки, м [4];

ρв – плотность воды, кг/м2 [2].

кг

Масса аппарата:

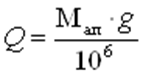


кг

кг

кг

Переведем в МН



где Мап – масса аппарата, кг;

g – ускорение свободного падения (g=9,8м/с2).

МН

Подберем опору:

Основные размеры цилиндрических опор для колонных аппаратов

Q, MH Д, мм D1, мм D2, мм Dб, мм S1, мм S2, мм S3, мм d2, мм dб, мм Число болтов, Zб

0,4 1200 100 200 500 150 240 140 50 45 32

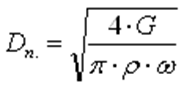
Расчёт и подбор патрубков для подвода и отвода потоков, подбор фланцевых соединений

Присоединение трубной арматуры к аппарату, а также технологических трубопроводов для подвода и отвода различных жидких и газообразных продуктов производиться с помощью штуцеров или вводных труб. По условиям работоспособности чаще всего применяются разъемные соединения (фланцевые штуцера).

В химических аппаратах для разъемного соединения составных корпусов и отдельных частей применяются фланцевые соединения, преимущественно круглой формы. На фланцах присоединяются к аппаратам трубы, арматура и т.д.

Диаметр условного прохода (внутренний диаметр) штуцеров для подвода и отвода продуктов рассчитывается на основе уравнения массового расхода и округляется до ближайшего стандартного значения

Расчет диаметра патрубков для отвода и подвода проводится по уравнению:



где G – определенный расход, кг/с;

π– геометрическая постоянная (π =3,14);

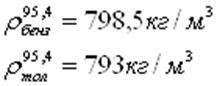
ω – скорость движения маловязкой жидкости под давлением, м/с;

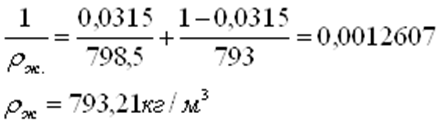
ρ – плотность потока, при определенных условиях, определяется по формуле (17), кг/м3 .

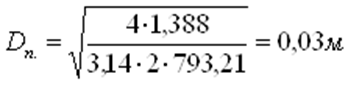
Вход исходной смеси:

=0,0051кг/кг Тf=95,4˚C

w=2м/с



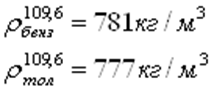


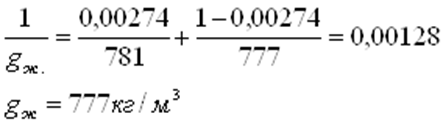


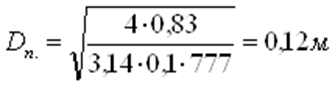
Выход кубового остатка :

0,00038кг/кг Тw=109,6˚C

w=0,1м/с







Вход флегмы:

0,012кг/кг Тp=81˚C

w=20м/с

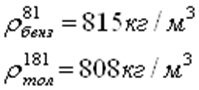


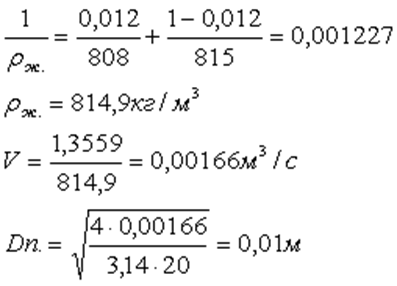


где R – оптимальное флегмовое число;

P – массовый расход продукта, кг/с



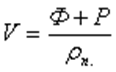




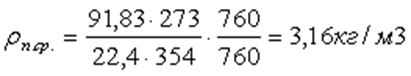
выход пара:

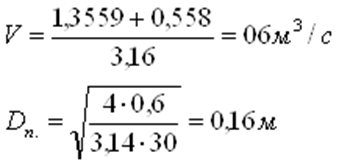
Тр=81˚C

w=30м/с

 (

Плотность пара определяется по формуле:

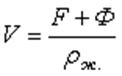




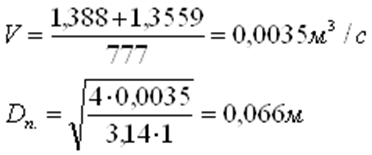
Выход жидкости из куба:

Тw=109,6˚C

w=1м/с



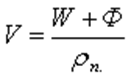




Вход пара:

Тw=109,6˚C

w=25м/с



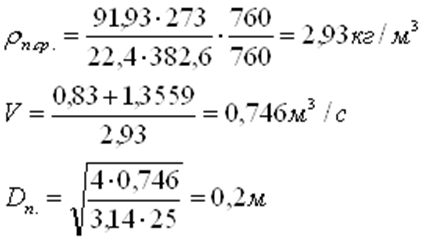


Таблица1 - Размеры фланцевых штуцеров с внутреннем базовым давлением ОСТ 26-426-79 [4].

Назначение Dy,мм Df,мм Db,мм D,мм dн,мм h,мм dб,мм z s,мм

Выход пара 150 315 280 174 160 18 16 8 3,5

Вход флегмы 32 140 110 38 48 12 14 4 3

Вход пара 200 370 355 225 210 20 16 8 3,5

Выход жидкости из куба 80 205 170 97 85 14 16 4 3,5

Выход кубового остатка 125 260 225 148 135 14 16 4 3,5

Вход исходной смеси 32 140 110 38 48 12 14 4 3

Для манометра 25 100 75 60 33 8 12 4 3

Для указателя уровня 20 90 65 50 26 8 12 4 3

Для установки уровнемера 25 100 75 60 33 8 12 4 3

Для термометра ртутного 25 100 75 60 33 8 12 4 3

5.3 Подбор крышек, днищ для колонных аппаратов

Днища являются одним из основных элементов химических аппаратов. Цилиндрические цельносварные корпуса как горизонтальных, так и вертикальных аппаратов, ограничиваются днищами. Наиболее распространенной формой днищ в сварных химических аппаратах является эллиптическая форма с отбортовкой на цилиндр.

Таблица 2 - Размеры эллиптических отбортованных стальных днищ с внутренними базовыми диаметрами ГОСТ 6533-78, мм

Dвн S,мм h, мм hв, мм Fв, м2 Vв, м3

1000 4 50 250 1,24 0,17

Заключение

В процессе проделанной работы была рассчитана ректификационная установка для разделения смеси бензол-толуол.

Были получены следующие данные:

диаметр колонны -1000 мм;

высота колонны – 11,1 м;

толщина цилиндрической обечайки, эллептического днища и крышки 10 мм.

В качестве перераспределителя жидкости принята тарелка ТСК-I.

**Практическое занятие № 5 Определить расчетное и пробное давление.**

**Цель:** рассмотреть алгоритм решения задач на расчет трубопроводов.

Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

*Задачи:*

1. Приобрести практические навыки по определению расчетного и пробного давления

2. Закрепить умения, подтверждающие теоретические знания.

Место проведения: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

*Время выполнения*: 6 часов

*Материально-техническое обеспечение*:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

*Критерии оценок*: приложение №1.

Пример 1. Трубопровод диаметром d = 500 мм и длиной L = 1000 м наполнен водой при давлении 400 кПа, и температуре воды 5 0C. Определить, пренебрегая деформациями и расширением стенок труб, давление в трубопроводе при нагревании воды в нем до 150 C, если коэффициент объемного сжатия ∆w = 5,18• 10-10 Па-1, а коэффициент температурного расширения ∆t = 150• 10-6 0С-1.

Решение. Находим объем воды в трубе при t = 5 0C;

; W = 0,785• 0,52 • 1000 = 196,25 м3; находим увеличение объема ∆W при изменении температуры

∆W = 196,25• 10• 150• 10-6 = 0,29 м3;находим приращение давления в связи с увеличением объема воды; ∆p = 0,29 / (196,25• 5,18• 10-10) = 2850 кПа; давление в трубопроводе после увеличения температуры

400 кПа + 2850 кПа = 3250 кПа = 3,25 МПа.

Пример 2. Вязкость нефти, определенная по вискозиметру Энглера, составляет 8,5 0Е. Определить динамическую вязкость нефти, если ее плотность ρ = 850 кг/м3.

Решение. Находим кинематическую вязкость по формуле Убеллоде

 ;

 = (0,0731• 8,5 – 0,0631/8,5)• 10-4=6,14• 10-5 м2/с;

находим динамическую вязкость нефти; 

 = 0,614• 10-4• 850 = 0,052 Па• с.

Пример 3. Определить коэффициент динамической и кинематической вязкости воды, если шарик d = 2 мм из эбонита с ρ = 1,2• 103 кг/м3 падает в воде с постоянной скоростью u = 0,33 м/с. Плотность водыρ= 103 кг/м3.

Решение. При движении шарика в жидкости с постоянной скоростью сила сопротивления равняется весу шарика. Сила сопротивления определяется по формуле Стокса:



Вес шарика определяется по формуле



Так как G = F ,то



Следовательно, коэффициент динамической вязкости определится;  = 1,2• 103 • 9,81• (2• 10-3)2 / (18• 0,33) = 0,008 Па• с.

Коэффициент кинематической вязкости ; 

 = 0.008 / 103 = 8• 10-6 м2/с.

Пример 4. При гидравлическом испытании системы объединенного внутреннего противопожарного водоснабжения допускается падение давления в течение 10 мин. на p = 4,97104 Па. Определить допустимую утечку W при испытании системы вместимостью W = 80 м3.

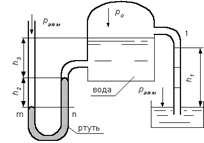
Коэффициент объемного сжатия w= 5• 10-10 Па-1.

Решение. Допустимую утечку W определяем из формулы

W = 5• 10-10 •80 • 4,9• 104 = 1,96• 10-3 м3.

Пример 5. Определить давление в резервуаре  и высоту подъема уровня  в трубке 1, если показания ртутного манометра.

Решение:

Запишем условия равновесия для ртутного манометра для плоскости

а) со стороны резервуара 

б) со стороны манометра,

тогда 



Таким образом, в резервуаре – вакуум, величина которого равна:

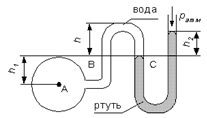


Условия равновесия трубки 1





Пример 6.



Определить манометрическое давление в трубопроводе А ,

если высота столба ртути по пьезометру  25 см. Центр трубопровода расположен на  40 см ниже линии раздела между водой и ртутью.

Решение: Находим давление в точке В. Точка В расположена выше точки А на величину  , следовательно, давление в точке В будет равно

.

В точке С давление будет такое же, как в точке В, то есть

 .

Определим давление в точке C, подходя, справа

.

Приравнивая оба уравнения, получаем

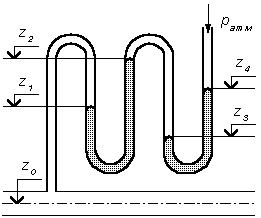
.

Отсюда манометрическое давление

.



Пример 7.



Определить избыточное давление воды в трубе по показаниям батарейного ртутного манометра

Отметки уровней ртути от оси трубы:    Плотность ртути  , плотность воды  .

Решение: Батарейный ртутный манометр состоит из двух последовательно соединенных ртутных манометров. Давление воды в трубе уравновешивается перепадами уровней ртути, а так же перепадами уровней воды в трубках манометра. Суммируя, показания манометра от открытого конца до присоединения его к трубе получим:





Задачи для самостоятельного решения

1. Определить диаметр трубопровода и потери напора при следующих исходных данных: q= 67л/с, kэ=2 мм, Т= 100С, L = 1000 м.

2. Рассчитать прямоугольный канал при расходе 89 л/с, коэффициент шероховатости стенок 0.016.

3. Определить расход через отверстие d=2 см, при напоре 12 м.

4. Определить диаметр трубопровода и потери напора при следующих исходных данных: q= 0.12 м3/с, kэ=1.2 мм, Т= 100С, L = 2000 м.

5. Рассчитать прямоугольный канал при расходе 0.89 м3/с, коэффициент шероховатости стенок 0.016.

6. Определить расход через отверстие d=12 мм, при напоре 1.2 м.

7. Определить диаметр трубопровода и потери напора при следующих исходных данных: q= 167л/с, kэ=0.2 см, Т= 100С, L = 3000 м.

8. Рассчитать прямоугольный канал при расходе 189 л/с, коэффициент шероховатости стенок 0.02.

9. Определить расход через отверстие d=0.02 м, при напоре 2 м.

10. Определить диаметр трубопровода и потери напора при следующих исходных данных: q= 0.22 м3/с, kэ=1.2 мм, Т= 100С, L = 4000 м.

11. Рассчитать прямоугольный канал при расходе 0.19 м3/с, коэффициент шероховатости стенок 0.017.

12. Определить расход через отверстие d=22 мм, при напоре 2.5 м.

13. Определить диаметр трубопровода и потери напора при следующих исходных данных: q= 267л/с, kэ=2.1 мм, Т= 100С, L = 5000 м.

14. Рассчитать прямоугольный канал при расходе 289 л/с, коэффициент шероховатости стенок 0.016.

15. Определить расход через отверстие d=1 см, при напоре 22 м.

16. Определить диаметр трубопровода и потери напора при следующих исходных данных: q= 0.32 м3/с, kэ=1.2 мм, Т= 100С, L = 5000 м.

17. Рассчитать прямоугольный канал при расходе 0.289 м3/с, коэффициент шероховатости стенок 0.018.

18. Определить расход через отверстие d=21 мм, при напоре 12 м.

19. Определить диаметр трубопровода и потери напора при следующих исходных данных: q= 267л/с, kэ=2 мм, Т= 100С, L = 4000 м.

20. Рассчитать прямоугольный канал при расходе 389 л/с, коэффициент шероховатости стенок 0.026.

21. Определить расход через отверстие d=2.2 см, при напоре 2 м.

22. Определить диаметр трубопровода и потери напора при следующих исходных данных: q= 0.42 м3/с, kэ=1.2 мм, Т= 100С, L = 6000 м.

23. Рассчитать прямоугольный канал при расходе 0.389 м3/с, коэффициент шероховатости стенок 0.022.

24. Определить расход через отверстие d=1.2 мм, при напоре 12 м.

25. Определить диаметр трубопровода и потери напора при следующих исходных данных: q= 67л/с, kэ=2 мм, Т= 100С, L = 1000 м.

26. Рассчитать прямоугольный канал при расходе 89 л/с, коэффициент шероховатости стенок 0.016.

27. Определить расход через отверстие d=2 см, при напоре 12 м.

28. Определить диаметр трубопровода и потери напора при следующих исходных данных: q= 0.12 м3/с, kэ=1.2 мм, Т= 100С, L = 2000 м.

29. Рассчитать прямоугольный канал при расходе 0.89 м3/с, коэффициент шероховатости стенок 0.016.

**Тема 1.3 Конструкционные материалы и правила их выбора для изготовления оборудования и коммуникаций.**

**Практическое занятие № 6 Экологическое обоснование различных материалов от рабочих условий**

**Цель работы**: Выявить степень экологической опасности или доказать экологическую безопасность заданного способа производства или технологии

состоит в исследовании перечней видов экологического обоснования проекта. Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

*Задачи работы*:

1. Разобраться и изучить соответствующие ключевые понятия, связанные с экологической опасностью при выборе материалов..

2. Рассмотреть различные виды экологического обоснования.

3. Рассмотреть некоторые проблемы, связанные с процедурой экологического обоснования и методы их решения.

*Место проведения*: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

*Время выполнения*: 8 часов

*Материально-техническое обеспечение*:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

*Критерии оценок*: приложение №1.

**Методы экологической оценки технологий**

Экологическая оценка технологии производства — это анализ и оценка экологических последствий и экологического риска технологий в случае нормальной или аварийной эксплуатации объекта с целью доказать экологическую безопасность техноло­гии или установить степень ее опасности.

Экологическая оценка технологий является частью экологической экспертизы существующего производства или любого проекта, поэтому необходимо дать определение экологической экспертизы технологий.

Экологическая экспертиза технологий и техники — это определение экосовместимости и степени ресурсоемкости техники, а для технологии — оценка малоотходности в сравнении с выработанным нормативом или имеющимися лучшими образцами.

Экологическая оценка технологий производится при экологическом обосновании выбранного способа производства и технологии с учетом всех экологических последствий данной технологии (рис. 8). При экологической оценке технологий определяется степень экологичности и экологической опасности способов производства и технологических переделов, оцениваются выходы технологии в природную среду, делается оценка экологической опасности продукции, ее использования и хранения, а также оценивается опасность хранения и использования отходов.

Нормативная основа экологических оценок — это прежде всего соблюдение действующих нормативов технологии сырья, землеемкости, ресурсоемкости, отходности, а также санитарно-гигиенических нормативов.

Сравнивая технологические решения при разработке экологически безопасных технологий, необходимо оценить их технологическую уникальность в соответствии с существующими аналогами. После сопоставления технологических характеристик и существующих нормативов определяются ограничения для внедрения технологии и допустимые условия ее эксплуатации. Экологическая опасность технологий определяется превышением над зональными нормативами для ландшафта с учетом его антропогенного загрязнения. Если на завершающей стадии экологических оценок отмечается высокая опасность технологий, необходима разработка технологической альтернативы.

Методы экологической оценки технологий:

•метод материальных балансов и технических расчетов;

•метод технологической альтернативы;

•методы прогнозирования технологического риска;

•методы регистрации экологических последствий технологий производства;

•методы оценки экологической опасности технологий.

Среди методов экологической оценки технологий доминирующее положение занимают балансовые методы.

Метод материальных балансов и технических расчетов позволяет провести анализ материальных балансов основных компонентов сырья и материалов, воды, загрязняющих веществ в каждом технологическом звене и на выходе в природную среду. Балансовые схемы материальных потоков позволяют выявить источники выбросов и сбросов, дать количественную оценку техногенных потоков в природную среду, выявить качественный состав и агрегатное состояние загрязнителей и в целом охарактеризовать все каналы связи технологии и природной среды.

Метод технологической альтернативы предполагает анализ и оценку технологии по отношению к существующим технологическим аналогам с заданной экологичностью. Он позволяет сравнить оцениваемую технологию с экологически безопасными аналогами.

Методы прогнозирования технологического риска — это системный анализ и прогнозирование возможных аварийных ситуаций, а также оценка технологического риска и аварийности при нормальной эксплуатации. Результативно применение имитационного моделирования и прогнозирования по технологическим аналогам в определенных природных условиях.

Методы регистрации экологических последствий технологий производства включают в себя системный анализ связей промышленной технологии с природной средой, а также анализ каналов связей и оценку их экологичности. При анализе воздействия -> изменения -> последствия применяются приемы и показатели ландшафтной и биологической индикации, геохимии техногенеза и т.д.

Воздействие на окружающую среду — единовременный, периодический или постоянный процесс привнесения или изъятия материи или энергии. Воздействие ведет к изменению окружающей среды.

Изменение — обратимая или необратимая перемена свойств, ка­еств, функций средообразующих компонентов природы.

Экологические последствия — произошедшие или отдаленные изменения, приводящие к ухудшению среды обитания и условий жизнедеятельности людей и биоты ландшафта в настоящем или будущем.

Методы оценки экологической опасности технологии применяются для выявления экологической опасности проектируемой отрасли промышленности для ландшафтов разных природных зон. Разработана серия интегральных показателей воздействия и нарушения ландшафтов. Показатель поступления техногенных выбросов водным и воздушным путем в единицу времени на единицу площади характеризует интенсивность воздействия; показатель удельных нарушений ландшафтов на единицу выбросов или на единицу мощности применяется при определении экологической опасности производства для определенного зонального типа ландшафта. Сумма кратностей превышения содержания ингредиентов выбросов в элементах ландшафта, рассчитанных по отношению к природному фону (региональный фон, содержание, сущее определенному зональному типу ландшафта), позволяет нить суммарный эффект загрязнения ландшафтов. Институтом ГРЭ предложен и рассчитан для городов России суммарный показатель загрязнения. Существует также методика расчета индексов токсичности выбросов и сбросов отходов промышленности и рассчитаны индексы экологической опасности отрасли промышленности по отношению к природной среде.

Нормативная основа экологической оценки технологии определена законом РФ об экологической экспертизе и инструкциями Минприроды России: «Об организации и порядке проведения экологической экспертизы и контроля за соблюдением экологических норм при разработке новой техники, технологии материалов и веществ» и «Инструкцией по экологическому обоснованию, хозяйственной и иной деятельности».

Технология и оборудование. Они могут быть самостоятельными разработками или входить составной частью отраслевых технологий, проектов и планов регионального развития или решения типичных и специальных задач. Технология и оборудование рассматриваются в качестве необходимых условий решения старых и новых экологических проблем.

Для всех стадий жизненного цикла технологий оценивается:

•уровень прогрессивности предлагаемого решения с учетом мировой и российской конъюнктуры спроса на производимую продукцию;

•обоснованность, полнота проектных решений;

•полнота оценок воздействия на окружающую среду при всех режимах работы;

•правильность и обоснованность удельных показателей, харак­теризующих технологию и оборудование;

•степень опасности технологии и оборудования.

Степень экологической опасности технологии и оборудования определяется с учетом масштаба и концентрации производства; опасности веществ, используемых и возникающих в технологии; неблагоприятных особенностей и аномалий производственного процесса (таких как температура, давление, шум, излучения, применение опасных химических реагентов, ядохимикатов, растворителей, моющих веществ и т.п.); числа узлов (линий), возможный выход из строя которых ве­дет к аварийной ситуации.

Экологическая оценка технологий — составная часть экологической экспертизы технологий, техники и продукции.

Экологическая экспертиза технологий и продукции

Отраслевая экологическая экспертиза новой техники, технологий материалов и веществ проводится министерствами и ведомствами, осуществляющими разработку новой технологии и продукции. Перечни видов разрабатываемой продукции, подлежащей обязательной экологической экспертизе, подготавливаются и утверждаются на определенный срок отраслевыми министерствами по согласованию с экспертными органами МПР РФ\*.

На стадии технического задания (ГОСТ 15.001-88 п. 2) устанавливается обоснованность и полнота включенных в техническое задание экологических характеристик, их соответствие мировым стандартам. Конкретные экологические характеристики для новой продукции определяются организацией-заказчиком по согласованию с организацией-разработчиком и уточняются на всех этапах подготовки соответствующей документации. По результатам экспертизы в техническое задание вносятся необходимые изменения и уточнения.

При этом делается оценка соответствия экологических характеристик разработанной технической документации требованиям технического задания, установленным нормативам; оценивается выполнение разработчиком замечаний экологической экспертизы при рассмотрении технического задания. Если экологические требования и нормативы необоснованно изменены, продукция не должна допускаться к поста­новке на производство.

Рекомендуемая схема проведения ведомственной экологической экспертизы включает в себя следующие этапы.

•Формирование целей и задач экспертизы.

•Оценка источников и направлений негативного воздействия продукции на окружающую среду и потребление природных ресурсов.

•Определение соответствия экологических характеристик разрабатываемой продукции техники технологии, действующим нормам и правилам.

•Сравнительный эколого-экономический анализ и оценка разрабатываемого и базовых вариантов.

•Оценка полноты и эффективности мероприятий по предуп­реждению возможных аварийным ситуациям и ликвидации их возможных последствий.

•Оценка полноты, достоверности и научной обоснованности прогнозов возможного влияния новой продукции, техники технологии на состояние окружающей среды и использование природных ресурсов.

•Оценка выбора средств и методов контроля воздействия про­дукции на состояние окружающей среды и использование при­родных ресурсов.

•Экологическая оценка способов утилизации или ликвидации новой продукции после отработки ресурса.

Завершается экспертиза выдачей заключения ведомственной экспертизы с рекомендациями об экологической целесообразности разработки, внедрения использования продукции либо необходимости ее замены или совершенствования. Существуют три вида экспертных показателей: техногенные, эколого-техногенные и эколого-экономические. Техногенные характеристики содержат: расчетные укрупненные материальные и энергетические балансы с выделением отходов, выбросов, сбросов, разделением их по видам, физическому и химическому составу составу, определением по массе и объему, по классам опасности, степени токсичности, биостойкости, взрывоопасности. Все эти характеристики оцениваются и сравниваются с нормативным параметром.

Техногенные характеристики включают также расчетные характеристики источников выбросов и сбросов (объемы газовоздушных смесей, загрязняющих воду; температуру, скорость прохождения смесей, концентрацию, массу, диаметры и конфигурацию источников выбросов и сбросов и т.д.). Определяются, рассчитываются уровни шума, вибраций, электромагнитных, ионизирующих и тепловых излучений, воздействий на почвенный покров, размеров санитарно-защитных зон и санитарных разрывов и сравнение их с нормативны­ми параметрами.

Эколого-техногенные характеристики включают: принципы и схемы малоотходных и безотходных ресурсо- и энергосберегающих технологических решений, характеристики систем очистки выбросов и сбросов, способы утилизации и переработки отходов производства и ликвидации самой новой техники по истечении сроков ее эксплуатации; расчет возможных аварийных ситуаций, сопровождающихся выбросами и сбросами вредных веществ, с учетом времени, массы и объема, а также способов и схем ликвидации аварийных ситуаций и их последствий. В эколого-техногенные характеристики также включают расчетные удельные величины объемов отходов, выбросов, сбросов вредных веществ и их концентраций; тепловые и электрические нагрузки потребления природных ресурсов на единицу продукции или ее стоимостную характеристику; величины металле-, материале-, энергоемкости, потребление топлива на единицу пробега, грузоподъем­ности и сравнение их с нормативными параметрами.

Эколого-экономические характеристики включают: расчетные затраты на экологические мероприятия при разработке и эксплуатации повой техники, технологии и сравнение их с экологическим ущербом от техногенных воздействий; расчетные ценообразующие характеристики новой техники и технологии с учетом экологических составляющих; расчетные удельные величины ущерба на единицу выброса (концентрации), расчетные платежи на единицу ущерба и сравнение их с нормативными параметрами.

Экологическая оценка на стадии экологического обоснования техники, технологии и материалов при сертификации и разработке проектной документации регламентируется инструкцией Минприроды России по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности о г 29.12.95 № 539. В требованиях к ней определен следующий объем экологической информации:

•ресурсоемкость и ресурсосберегаемость технологии;

•технические показатели, характеризующие уровень воздействия на окружающую природную среду продукции, применяемых материалов, а именно: данные по материальному и энергети ческому балансу технологического процесса (потребление - отходы) с указанием видов отходов (газообразные, жидкие твердые), их массы (объема);

•принципы и схемы технологических процессов, систем очистки выбросов и сбросов, расчетные и экспериментальные характеристики источников сбросов и выбросов (объемы, концентрации, температуры, скорости прохождения смесей и т.д.), характеристики удельных выбросов и сбросов (в сравнении указанных характеристик с аналогичными технологиями на других объектах);

•данные о соответствии технологий существующим требованиям малоотходности и безотходности конкретных технологических процессов;

•данные об аварийности технологических схем и отдельных производств при использовании конкретных видов ресурсов (энергетических, природных) и материалов, их вероятности (с характеристиками прогнозируемых выбросов и сбросов при различных сценариях развития аварийных ситуаций);

•оценка эффективности мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций в конкретных природных условиях при при менении рекомендуемых технологий;

•оценка экологической безопасности ликвидации техники и предлагаемых технологий (при необходимости);

•характеристика уровней шума, вибрации, электромагнитного и ионизирующего излучения, их соответствие ПДУ;

•удельные показатели потребления природных ресурсов на еди­ницу выпускаемой продукции;

•обоснованные выводы по способам утилизации или ликвида­ции продукции после отработки;

•обоснованные выводы по оценке воздействия на окружающую среду применяемых технических средств и технологий, а также используемых материалов и получаемой продукции;

•средства и методы контроля для оценки воздействия на окружающую среду технологий, планируемых к реализации.

Оценка экологической опасности используемой и производимой продукции должна включать следующие сведения по реальной и потенциальной ее опасности:

•наличие токсикологических примесей, образующихся в процессе производства новой продукции, а также побочных продуктов, образующихся при использовании продукции, их транс­формации, разложении или взаимодействии с окружающей средой;

•условия распределения и распространения токсичных примесей и побочных продуктов в районах (регионах) применения продукции — подвижность, миграция, стойкость, стабильность, время существования;

•условия трансформации, распада (разложения) побочных продуктов в окружающей природной среде, продолжительность их трансформации;

•контроль за распространением и обнаружением токсичных примесей в продукции и побочных продуктах (оценка современного уровня и предлагаемые меры);

•негативные экологические последствия попадания токсичных примесей и побочных продуктов в окружающую природную среду, пищу, жилье, производственные помещения.

Экологическое обоснование новых технологий, техники и материалов

При экологическом обосновании технологических решений оценивается прежде всего ресурсоемкость и ресурсосберегаемость технологий, их соответствие существующим требованиям малоотходности и безотходности. Анализ материальных и энергетических балансов технологических процессов (потребление — отходы), классификация отходов, выявление их видов и масс необходимы для определения уровня их воздействия на окружающую среду.

Схемы технологических процессов, расчетные и экспериментальные характеристики источников сбросов и выбросов (объемы, концентрации, температуры, скорости прохождения смесей и т.д.), удельные выбросы и сбросы и системы их очистки сравниваются с показателями аналогичных технологий на других объектах.

Аварийность технологических схем и производств. Вероятность аварий, прогнозируемых выбросов и сбросов оцениваются для различных сценариев развития аварийных ситуаций. Рекомендуются эффективные мероприятия по их предупреждению в конкретных природных условиях при применении определенных технологий; доказывается экологическая безопасность ликвидации техники и предлагаемых технологий; предлагаются способы утилизации или ликвидации продукции после отработки; определяется соответствие стандартам уровней шума, вибрации, электромагнитного и ионизирующего излучения и удельных показателей потребления природных ресурсов на единицу выпускаемой продукции.

Завершается экологическое обоснование выводами по оценке воздействия на окружающую среду применяемых технических средств и технологий, а также используемых материалов и получаемой продукции и определением средств и методов контроля за воздействием на окружающую среду.

При оценке экологической опасности используемой и производимой продукции выявляется реальная и потенциальная опасность использования продукции, а также токсикологическая опасность примесей, образующихся в процессе производства новой продукции, и опасность побочных продуктов, их трансформации, разложения или взаимодействия с окружающей средой.

При этом необходим анализ условий распределения и распространения токсичных примесей и побочных продуктов в районах (регионах) применения продукции — подвижность, миграция, стойкость, стабильность, время существования.

Материалы по экологическому обоснованию проектных решений включают:

•оценку прогнозируемого воздействия планируемой деятельности на окружающую среду;

•анализ рациональности использования природных ресурсов;

•доказательства прогрессивности технологических решений при строительстве и эксплуатации объекта и технологических альтернатив, экологическую оценку опасности продукции, размещения отходов производства;

•прогнозирование ущерба природной среде и населению;

•оценку эффективности и достаточности мер по охране природы и сохранению историко-культурного наследия.

Таким образом, материалы, обосновывающие проектные решения, должны содержать исчерпывающую информацию о воздействии объекта на окружающую среду при его строительстве и эксплуатации в нормальном режиме работы (максимальной загрузке оборудования) и при возможных залповых и аварийных выбросах (сбросах), а также аргументацию выбора природоохранных мероприятий.

Они включают в себя:

•характеристику экосистем (ландшафтов) в зоне воздействия объекта;

•оценку состояния компонентов природной среды, устойчивоти экосистем к воздействию и способности к восстановлению;

•информацию об объектах историко-культурного наследия;

•оценку изменений в экосистемах (ландшафтах) в результате перепланировки территории и производства строительных работ;

•оценку технологических и технических решений по рациональному использованию природных ресурсов, снижению воздействия объекта на окружающую среду (очистных сооружений, установок по обезвреживанию отходов производства и потреб­ления и т.д.);

•характеристику отходов, сведения об их количестве, экологической опасности размещения (складирования) и использовании;

•прогноз изменений природной среды (покомпонентно) и для ландшафта в целом при строительстве, эксплуатации и ликвидации объекта;

•обоснование природоохранных мероприятий по восстановлению и оздоровлению природной среды, сохранению ее биологического разнообразия;

•комплексную оценку экологического риска планируемой деятельности — отдаленных последствий воздействия (с учетом охраны природы);

•обоснование капитальных вложений в мероприятия по охране окружающей среды (дифференцированно по видам);

•размер платы за природопользование;

•программу локального мониторинга и ее финансирование;

•выбор оптимального проектного решения по использованию при­родных ресурсов и охране окружающей среды и минимизации воздействия на экосистемы антропогенной деятельности.

Экологическое обоснование при реконструкции предприятий включает сведения о произошедших изменениях в природной среде за период эксплуатации объекта; определяются также причины и характер этих изменений, планируется ликвидация последствий деятельности объекта, возмещение нанесенного ущерба. При снятии объекта с эксплуатации (ликвидации, перепрофилировании) необходимо сформулировать обоснование ликвидации (перепрофилирования) объекта. В этом случае следует оценить деградацию природной среды в результате деятельности объекта и последствия ухудшения экологической ситуации в регионе. Затем обосновать меры по восстановлению природной среды и созданию благоприятных условий для жизни населения.

Экологическое обоснование техники, технологии, материалов подготавливается при сертификации и разработке проектной документации с целью определения характера и уровня воздействия на окружающую среду, применяемых техники и технологии, а также используемых в производстве материалов и веществ, на которые отсутствуют ГОСТы.

Задание № 1

При экологическом обосновании выбора способа производства и технологии сделать акцент на оценке экологичности проекта на основе действующих технологических нормативов использования сырья и ресурсов, отходности, санитарно-гигиенических и других нормативов для природных сред; доказать экологическую безопасность (или оценить степень экологической опасности) проектируемой технологии, разработать меры обеспечения экологической безопасности проектируемой технологии и способа производства, а также дать оценку экологической опасности продукции и отходов.

Задание № 2

При сравнении технологических решений по разработке экологически безопасных технологий необходимо оценить технологическую уникальность промышленного объекта по зарубежным аналогам, привести сведения о действующих аналогах и технологических альтернативах за рубежом.

Задание № 3

При анализе выходов технологии в природную среду особое внимание следует обратить на качественный и количественный состав выбросов в атмосферу, сброс в воду, захоронение промышленных отходов в почве, физические, химические, термические воздействия. Расчет индекса экологической опасности производства и коэффициентов токсичности выбросов, сбросов, отходов позволит сравнить показатели альтернативных проектов и выбрать из них экологически безопасный.

**Тема 1.4 Основные технологические процессы и аппараты**

**Практическое занятие № 7 Расчет фильтров периодического действия.**

**Цель:** определить основной размер и число стандартных фильтров, обеспечивающие заданную производительность. Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

*Задачи*:

1. Приобрести практические навыки по определению основных размеров стандартных фильтров.

2. Закрепить умения, подтверждающие теоретические знания.

*Место проведения*: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

*Время выполнения*: 5 часов

*Материально-техническое обеспечение*:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

*Критерии оценок*: приложение №1.

Современное химическое предприятие - это сложный комплекс машин и оборудования, в который входят аппараты и машины, предназначенные для химических процессов; емкостное оборудование для хранения жидкостей и газов; трубопроводы; машины для перемещения жидкостей и газов; машины для транспортировки твердых сыпучих продуктов и т.д.

Рациональная конструкция машины и аппарата должна удовлетворять производственным, конструктивным и технико-экономическим требованиям, а также технике безопасности. Удовлетворить всем этим требованиям в максимальной степени не всегда возможно, поэтому задача заключается в том, чтобы создать наиболее приемлемую конструкцию, которая отвечала бы техническим условиям.

В данных задачах мы произведём требуемые расчёты фильтра периодического действия, фильтрующей центрифуги периодического действия и колонны с решётчатыми (провальными) тарелками.

Задача №1

Рассчитать среднюю производительность фильтра периодического действия.

Рисунок 1. Барабанный фильтр периодического действия: 1 - барабан; 2 - перегородки; 3 - распределительная головка (золотниковый механизм); 4 - корыто; 5 - нож для срезания осадка; 6 - распределитель воды для промывания осадка; 7, 8 - трубы для откачки соответственно отфильтрованной жидкости и промывной воды; 9 - труба для подачи сжатого воздуха.

Исходные данные:

Марка - ЛВАж40К;

Допускаемый перепад давления при фильтровании ?pg - 3\*105 Па;

Высота слоя осадка hос - 6 мм;

Массовая концентрация твёрдой фазы xm - 1,8 %;

Плотность жидкой фазы сж - 1000 кг/м3;

Плотность твёрдой фазы ст - 3050 кг/м3;

Динамическая вязкость фильтрата м - 0,81\*103 Па\*с;

Константа А - 24,80\*109;

Показатель степени сжимаемости осадка n - 0,27;

Сопротивление фильтрующей перегородки; массовая влажность осадка после фильтрации rф.п. - 44\*109 1/м;

Скорость фильтрования W - 65 %;

Время сушки осадка фс - 60 с;

Затраты времени на проведение вспомогательных операций фв - 1920 с;

Тип процесса - ОН (Осветление с намывным слоем);

Площадь Fф - 40 м2;

Давление фильтрования ?рo - 3\*10-5 Па;

Толщина листа рамы - 32 мм;

Шаг между фильтрующими элементами t - 100 мм;

Число фильтрующих элементов - 13;

Вход суспензии dу - 100 мм.

*Решение:*

В результате расчёта, получаем следующие значения вспомогательных величин: сос= 9291 кг/м3; xв = 18,9 кг/м3; xo = 0,0583.

сос= ст/сж = 3,05 = 9291 кг/м3;

xo= ?oc = xm\*сж = 0,0583.

Удельное сопротивление осадка при конечном давлении фильтрования:

?p=3\*105Па; равно:

rв = 1,13\*109(2\*105)0,41 = 2,26\*1011 м/кг.

Объём фильтрата, полученного за время фильтрования:

?ф.уд.= hос/xo = 6\*10-3/0,0583 = 0,1 м3/м2.

Скорость фильтрования в конце процесса с учётом соотношения:

Ориентированное время фильтрования:

Средняя производительность фильтра по фильтрату во время процесса фильтрования:

Средняя производительность фильтра по суспензии:

Vc.cр.= Vф.ср.(1+xo) = 5\*10-3(1+0,0583) = 5,29\*10-3 м3/с.

*Задача №*2

Рассчитать среднюю производительность фильтрующей центрифуги периодического действия на основании исходных данных, полученных на лабораторной центрифуге.

Рисунок 2. Трехколонная фильтрующая центрифуга периодического действия с верхней выгрузкой осадка: устройство а, вид и разрез б: 1 - Перфорированный барабан. 2 - Днище барабана. 3 - Вал. 4 - Дно станины. 5 - Неподвижный кожух. 6 - Крышка кожуха. 7 - Станина. 8 - Пружинные тяги, на которых подвешена центрифуга. 9 - Три опор­ные колонны. 10 - Ручной тормоз. 11 - Электродвигатель. 12 - Шкивы привода. 13 - Штуцер для фугата. 14 - Фильтрующая ткань. 15 - Проволочная дренажная сетка.

Исходные данные:

Тип центрифуги - ФМД - 120;

Массовая концентрация твёрдой фазы xm - 12%;

Плотность твёрдой фазы ст - 1340 кг/м3;

Плотность жидкой фазы сж - 995 кг/м3;

Вязкость жидкой фазы м - 0,87\*103 Па\*с;

Удельное объёмное сопротивление осадка rо - 7,3\*10-11 1/м2;

Сопротивление фильтрующей перегородки rф.п. - 11,6\*10-9 1/м2;

Отношение объёма осадка к объёму загруженной суспензии x1 - 0,28;

Порозность осадка еос - 0,56;

Удельный объём промывной жидкости ?пр.ж. - 1,2\*103м3/кг;

Вязкость промывной жидкости мпр - 0,87\*103 Па\*с;

Время сушки осадка на лабораторной центрифуге фс - 90 с;

Время, затрачиваемое на вспомогательные операции в промышленной центрифуге фв - 300 с;

Внутренний диаметр Dв - 1200 мм;

Длина барабана L - 500 мм;

Рабочая ёмкость барабана ?р - 0,25 м3;

Предельная загрузка mc - 375 кг;

Максимальная частота вращения n - 15,8 1/с;

Фактор разделения Fr - 605;

Площадь поверхности фильтрования Fф - 1,9 м2.

Решение:

Угловая скорость вращения барабана:

щ=2рn=2\*3,14\*15,8=99 1/с;

Производительность центрифуги по фильтрату в режиме постоянной скорости фильтрования, приняв коэффициент заполнения барабана осадком ? = 0,8:

Производительность по суспензии в период загрузки:

Время фильтрования:

Время промывки осадка:

Время сушки осадка на промышленной центрифуге, учитывая увеличение его толщины по сравнению с лабораторными опытами:

фс.п.= фс\*1,4=90\*1,4=126 с;

Время полного цикла обработки суспензии на центрифуге:

фц= фф+фпр+фс.п.+фв=123+139+126+300=688 с;

Средняя производительность центрифуги по суспензии:

Vс.ср.= Vc\*фф/фц=276\*10-3\*123/688=4,93\*10-3 м3/с.

*Задача №3*

Провести гидравлический расчёт и подобрать стандартизированную колонну.

Рисунок 3. Колонна с решётчатыми (провальными) тарелками: 1,2 - ротаметр; 3 - компрессор; 4 - распределительная решетка; 5 - манометр; 6 - тарелка; 7 - колонна; 8 - регулировочный вентиль.

Исходные данные:

Тип тарелки - провальная;

Нагрузка колонны по по пару Gп - 81,6\*10-3 кг/ч;

Нагрузка колонны по жидкости Gж - 79,6\*10-3 кг/ч;

Плотность пара сп - 6,3 кг/м3;

Плотность жидкости сж - 790 кг/м3

Поверхностное натяжение жидкости у - 36\*103 Дж/м2;

Вязкость пара мп - 1,8\*105 Па\*с;

Вязкость жидкости мж - 4\*103 Па\*с;

Число ступеней изменения концентрации nст - 6.

Решение:

По данным таблицы:

Толщина листа тарелки д - 2 мм;

Ширина щели b - 4 мм;

Шаг расположения щелей t - 16 мм;

Относительное свободное сечение fо - 0,14;

Расстояние между тарелками Hт - 600 мм.

Рассчитываем максимально допустимую скорость пара в колоне:

Здесь доля площади отверстий, занятая стекающей жидкостью, составит:

Коэффициент сопротивления тарелки:

ж = 1,75(1-fо)2\*(b/д)0,2 = 1,75(1-0,14)2\*(4/2)0,2 = 1,48;

Диаметр колонны:

Принимаем диаметр колонны: D = 1100 мм.

Для расчёта высоты пены на тарелке найдём поправочный коэффициент, учитывающий распределение давлений в зонах пара и стекающей жидкости:

В этом случае общее сопротивление орошаемой тарелки:

Объёмная доля жидкости в пене, образовавшейся на провальной тарелке:

Высота динамической пены, образующейся на тарелке:

При высоте сепарационного пространства hc=Hт - hпн = 0,6-0,32=0,28 м;

Величина относительного уноса:

Заключение

В данных задачах мы рассчитали среднюю производительность фильтра периодического действия, а так же его скорость фильтрования, объём фильтрата, полученного за время фильтрования и время фильтрования.

У фильтрующей центрифуги мы рассчитали её среднюю производительность, угловую скорость вращения барабана, производительность центрифуги по фильтрату в режиме постоянной скорости фильтрования, производительность по суспензии в период загрузки, время фильтрования, время промывки осадка, время сушки осадка и время полного цикла обработки суспензии на центрифуге.

У колонны с решётчатыми (провальными) тарелками произвели гидравлический расчёт, нашли максимально допустимую скорость пара в колонне, коэффициент сопротивления тарелки, диаметр колонны, высоту пены, расстояние между тарелками и величину относительного уноса.

**Практическое занятие № 8 Расчет электрофильтров**

Цель: расчитать электрофильтр и выбрать тип и размер аппарата. Определить степень очистки выбранного электрофильтра для конкретной пыли.

Необходимыми данными для расчета электрофильтра являются объемный расход газа, состав газа, его температура и давление, концентрация пыли в очищаемом газе, ее дисперсный состав и удельное электрическое сопротивление.

Выбрав тип электрофильтра, задают скорость газа в сечении электрофильтра v в рекомендуемых пределах и определяют необходимую площадь активного сечения, м2:

http://ok-t.ru/helpiksorg/baza3/333800310649.files/image487.gif , (1)

где Q – объемный расход газа, м3/с.

Выбирают типоразмер электрофильтра с ближайшим значением площади активного сечения F и уточняют фактическую скорость газа в сеченииhttp://ok-t.ru/helpiksorg/baza3/333800310649.files/image489.gif.

Определяют плотность газа при рабочих условиях и коэффициент β по формуле (73). Далее по формулам (72) и (74) рассчитывают критическую напряженность и критическое напряжение коронного разряда.

Теоретическое определение фракционной степени очистки запыленного газа в электрофильтрах обычно проводят по формуле Дейча:

, (81)

где f – удельная поверхность осадительных электродов, равная отношению поверхности осадительных электродов к расходу очищаемых газов, м2·с/м3. Из формулы (81) следует, что степень очистки газа в электрофильтрах возрастает с ростом значения показателя экспоненты:

η 60 80 90 95 97,5 98 99

wд 0,9 1,6 2,3 3,0 3,7 3,9 4,6

Если режим движения частиц пыли к осадительному электроду стоксовский, скорость дрейфа определяется выражением (79). Удельная поверхность осадительных электродов

, (82)

где S0 – поверхность осадительных электродов, м2; vг – скорость газа в электрофильтре, м/с; F0 – площадь активного сечения электрофильтра, м2.

Изменение показателя η при постоянной скорости дрейфа прямо пропорционально изменению размера электрофильтра. Например, чтобы повысить степень очистки с 90 до 99%, необходимо увеличить размеры электрофильтра в отношении 4,6 : 2,3, т. е. в 2 раза.

Теоретически определенная степень очистки справедлива лишь для идеализированных условий работы электрофильтра. Основная определяющая его величина – скорость дрейфа частиц пыли к осадительному электроду – трудно определима, так как зависит от многих факторов, которые на данном этапе невозможно учесть в теоретических расчетах. Поэтому к полученным результатам следует относиться осторожно, сопоставляя их с практическими данными работы электрофильтров в аналогичных условиях.

Электрические свойства пыли существенно не влияют на скорость дрейфа; она пропорциональна размеру частиц, квадрату напряженности поля (разности потенциалов коронирующего и осадительного электродов) и обратно пропорциональна динамической вязкости газа, следовательно, его температуре. Квадратичная зависимость wд от Е подчеркивает значение напряженности поля, которая зависит от величины напряжения, подаваемого на коронирующие электроды и от характеристик электродов.

Линейная плотность тока короны, А/м

, (83)

где k – подвижность ионов, м2/(В·с) (принимается равной 2,1·10–4); – коэффициент, зависящий от взаиморасположения электродов (для фильтров ЭГА равен 0,043); U – средняя величина рабочего напряжения, кВ; l1 – расстояние между коронирующими и осадительными электродами, для фильтров ЭГА равно 0,15 м; l2 – расстояние между соседними коронирующими электродами в ряду, для фильтров ЭГА равно 0,18 м.

Напряженность электрического поля в электрофильтре, В/м

, (84)

где ε0 – диэлектрическая проницаемость вакуума, Ф/м (ε0 = 8,85·10–12).

Среднее рабочее напряжение в электрофильтрах ЭГА обычно составляет 50 кВ.

Так как приведенные зависимости для расчета степени очистки выведены на основании опыта работы действующих электрофильтров, имеющих определенную конструкцию и работающих в конкретных условиях, полученные в результате расчета значения следует рассматривать как приближенные.

Предложены и упрощенные методы расчета степени очистки электрофильтров, основанные на использовании модифицированного уравнения Дейча

, (85)

где Kn – параметр вторичного уноса; A – безразмерный параметр, величина которого зависит от соотношения площадей активной и неактивной зон электрофильтра; β – безразмерный параметр, зависящий от соотношения электрических и аэродинамических сил.

Вычисление ориентировочной степени очистки газа в сухих электрофильтрах от пыли, имеющей средние значения УЭС можно выполнять в такой последовательности.

Находят величину Kn при встряхивании осадительных электродов [10]

, (86)

где wrt, hrt,, mrt – относительные скорость газа, высота и пылеемкость осадительных электродов, вычисляемые как отношения фактических значений указанных характеристик к базовым, принимаемым соответственно 1 м/с, 8 м, 1 кг/м2.

Рекомендуемые значения скоростей и высота осадительных электродов для отечественных электрофильтров приводятся в каталогах. Если известен интервал между встряхиваниями, то можно по расходу и начальной запыленности газа оценить пылеемкость электродов. Действительные значения интервалов между регенерациями и пылеемкости электродов можно установить лишь опытным путем при эксплуатации электрофильтров. Неточность их оценки существенно снижает надежность расчетов.

Определяется параметр β

, (87)

где К – коэффициент неравномерности газораспределения, на основе экспериментальных данных составляет 0,96–0,985; d50 – медианный размер частиц пыли, м; L – активная длина электрических полей электрофильтра, м; μ – вязкость газа, Па·с; w – скорость газа, м/с; l1 – расстояние между коронирующим и осадительным электродами, м.

Величину конструктивного параметра А можно принимать по данным таблиц прил. 8 , составленных для значений относительных площадей (отношения площади активной зоны к площади поперечного сечения корпуса) f, равных 0,9 и 1 соответственно. Для электрофильтров марок ЭГА, ЭГТ и подобных им горизонтальных конструкций, f можно принять равной 0,9. Значение f = 1 подходит для трубчатых вертикальных электрофильтров с незначительными зазорами между внешней поверхностью осадительных электродов и корпусом, а также для горизонтальных электрофильтров с клапанами для перекрытия боковых, верхних и нижних промежутков между электродами и корпусом.

Значения пылеемкости электродов ориентировочно можно принимать по табл. прил.9. Более точные значения могут быть получены на основе фактических данных эксплуатации электрофильтров в условиях, сходных с теми, для которых проектируется электрофильтр.

**Практическое занятие № 9 Расчет поверхности теплообменного аппарата**

**Цель:** изучить методику расчета поверхности теплообмена; изучить методику выбора теплообменного аппарата. Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

Задачи:

1. Приобрести практические навыки по определению площади теплопередающей поверхности, которую следует считать по тепловой нагрузке, приходящейся на аппарат, коэффициенту теплопередачи и средней логарифмической разности температур.

2. Закрепить умения, подтверждающие теоретические знания.

Место проведения: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

Время выполнения: 9 часов

Материально-техническое обеспечение:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

Критерии оценок: приложение №1.

Задачи:

расчета аппаратов является определение

Одним из основных видов технологического оборудования в нефтеперера-батывающей промышленности является теплообменная аппаратура, составляющая примерно 30—40% (по весу) всего оборудования. Теплообмен-ные аппараты на заводах нефтеперерабатывающей промышленности используют для регенерации тепла горячих потоков и нагрева холодных, конденсации, охлаждения, испарения, кристаллизации, плавления.

На установках АВТ продукты, выходящие из ректификационных колонн, имеют довольно высокие температуры, например на АТ —от 100 до 300 °С, а на ВТ — от 300 до 400 °С. Использование тепла этих горячих продуктов целесообразно с точки зрения экономии топлива на нагрев сырья и экономии воды наохлаждение этих продуктов до температур, безопасных при их транс-портировании и хранении. Целесообразность регенерации тепла потока зависит от конкретных условий. Теплообменные аппараты классифицируют в зависимости от назначения (теплообменники, конденсаторы, холодильники, кипятильники, испарители), способа передачи тепла (поверхностные и смешения), а также от конструктивного оформления (кожухотрубные жесткой

конструкции с плавающей головкой, с U-образными трубками; погружные змеевиковые, секционные; оросительные; типа «труба в трубе»; конденсаторы смешения с перфорированными полками, с насадкой; воздушного охлаждения горизонтального, шатрового, зигзагообразного, замкнутого типа; рибойлеры с паровым пространством с плавающей головкой, с U-образными трубками).

Погружные и оросительные теплообменные аппараты применяют в качестве конденсаторы и холодильников. Кожухотрубные аппараты можно использовать как конденсаторы, холодильники, теплообменники; по конструкции они мало различаются. Такие теплообменные аппараты обеспечивают более интенсивный теплообмен при меньшем расходе металла на единицу теплопередачи поверхности, чем аппараты погружного типа, что обусловило широкое их использование. В последнее время в качестве конденсаторов и холодильников широко используют аппараты воздушного охлаждения.

Тепловой расчет

При проектировании технологических установок для нефтеперерабатывающих заводов чаще всего проводят проверочньй расчет стандартных (нормализованных) теплообменных аппаратов, т. е. определяют необходимое число стандартных аппаратов с поверхностью, полученной при расчете. Теплообменные аппараты можно рассчитывать по следующей схеме.

1. Выбирают тип теплообменника и направление движения тепловых потоков.

2. Выбирают конечную температуру одного из теплоносителей, которая должна обеспечить достаточно высокий средний температурный напор в аппарате.

3. Составляют тепловую нагрузку теплообменника и определяют энтальпию, а затем температуру теплоносителя, для которого эти величины были неизвестны.

4. Определяют средний температурный напор в теплообменнике.

5. Определяют или подбирают по практическим данным коэффициент теплопередачи.

6. Определяют поверхность теплообмена и необходимое число стандартных теплообменных аппаратов по нормам Гипронефтемаша.

Тип теплообменного аппарата следует выбирать так, чтобы скорость потоков была достаточно большой, что обеспечит высокий коэффициент теплопередачи. Однако при этом следует помнить, что с увеличением скорости потоков резко растет сопротивление. Максимальная скорость потока по трубам в кожухотрубных теплообменниках допускается до 2 м/с. Так, оптимальная скорость для легких бензиновых фракций 1,5 м/с, для светлых нефтепродуктов 1-1,2 м/с, для холодной нефти 0,8—0,95 м/с.

В теплообменниках типа «труба в трубе» скорость движения потоков 1-1,5 м/с, в межтрубном пространстве этих теплообменников она несколько меньше.

При выборе схемы использования тепла на установке необходимо учесть следующее.

1. С усилением степени использования тепла отходящих сустановки продуктов увеличивается необходимая поверхность теплообменников, причем она возрастает не пропорционально количеству использованного тепла, а более резко. В основном это объясняется падением средней разности температур.

2. У теплообменников 1 м2 поверхности в 6—8 раз дешевле, чем 1 м2

огневой поверхности нагрева. Однако установка теплообменника практически выгодна, только если теплонапряженность его будет не менее 8380 кДж/(м2

-ч), или 2326 Вт/м2

Использование тепла потока горячих продуктов зависит от запаса у него тепла, т. е. от его массы и температуры.

3. Регенерация тепла паров нефтепродуктов не всегда рекомендуется, так как обычно при работе на нефтях, содержащих серу, наблюдается коррозия пародистиллятных теплообменников.

4. При выборе направления движения потока следует учитывать, что более загрязненный поток целесообразно направлять по трубам, так как их легче чистить во время ремонта теплообменника.

5. Коррозионно-активные среды рекомендуется направлять по трубам, так как замена части труб или всего пуска экономически выгоднее, чем замена корпуса аппарата.

Тепловую нагрузку аппарата определяют, составляя тепловой баланс

где Q—тепловая нагрузка аппарата, кДж/ч;

G1, G2-массы горячего и холодного теплоносителя, кг/с или

кг/ч;

It1, It2-энтальпия горячего теплоносителя при температурах

хода и выхода из аппарата, кДж/кг;

—к. п. д. теплообменника; практически он равен 0,95—0,97

Примеры решения задач

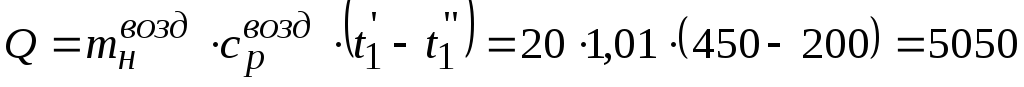
Задача 1. Определить площадь поверхности теплообмена рекуперативного водовоздушного теплообменника при прямоточной схеме движения теплоносителей, если массовый расход воздуха при нормальных условиях = 20 кг/с, средний коэффициент теплопередачи от воздуха к воде 25 Вт/(м2·К), начальные и конечные температуры воздуха и воды равны соответственно =450°С,=200°С,= 20°С,= 100°С.

Определить также расход воды через теплообменник. Изобразить график изменения температур теплоносителей.

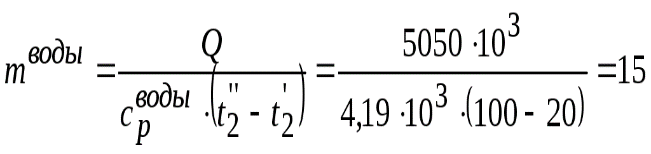
Массовые изобарные теплоемкости теплоносителей принять:

кДж/(кг·К); кДж/(кг·К).

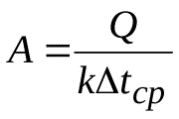
Решение. Тепловой поток к воздуху:

кВт.

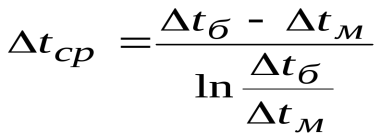
Расход воды в теплообменнике:

кг/с.

Площадь поверхности теплообмена:

,(17)

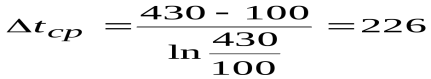
где - среднелогарифмический температурный напор, определяемый по формуле:

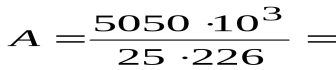
. (18)

При прямотоке: https://studfiles.net/html/2706/1029/html_qMAhf69kEr.zK6k/img-0ZZpa3.png t1-t2= 450 – 20 = 430°С;

 t1I-t2II =200 – 100 = 100 °С.

Тогда:

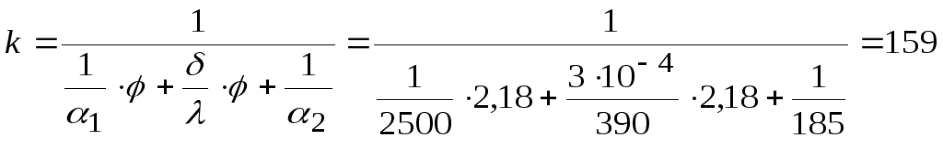
 °С.

 894 м2.

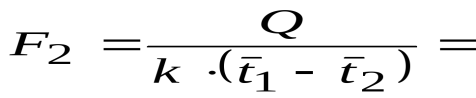
Ответ: https://studfiles.net/html/2706/1029/html_qMAhf69kEr.zK6k/img-JCum1u.png кг/с; 894 м2.

Задача 2. Теплообменный аппарат, состоящий из овальных оребренных трубок, сечением 13,5х2,4 мм, должен рассеивать 35 кДж теплоты в секунду. Определить количество водяных трубок при их длине l = 0,45 м, если коэффициент оребрения ф = 2,18. Материал стенки – медь (λ=390 Вт/(м·К), коэффициенты теплоотдачи: от воды к стенке α1= 2500 Вт/(м2·К); от стенки к воздуху α2=185 Вт/(м2·К). Толщина стенки δ = 3·10-4 м.; средняя температура воды t1=87,5 оС, средняя температура воздуха t2= 37,5 оС.

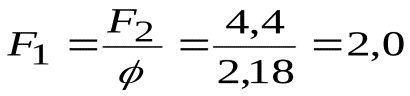
Решение. Определяем коэффициент теплопередачи для ребристой поверхности:

Вт/(м2·К).

Площадь ребристой поверхности:

 3500/159\*50= 4.4 м2

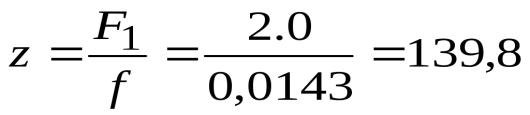
Площадь общей поверхности водяных трубок:

м2

Площадь поверхности одной трубки:

https://studfiles.net/html/2706/1029/html_qMAhf69kEr.zK6k/img-l7T9Pu.png= 0,0143 м2.

Количество трубок:



Располагая трубки в решетке радиатора в три ряда, принимаем = 141 шт, чтобы расположить по 47 штук в одном ряду.

Располагая трубки в решетке теплообменного аппарата в три ряда, принимаем

Ответ: = 141 шт.

*Задачи для самостоятельного решения*

Задача 1. Определить площадь поверхности нагрева рекуперативного водовоздушного теплообменника при прямоточной схеме движения теплоносителей, если объемный расход воздуха при нормальных условиях VН = 5,0·104 м3/ч, средний коэффициент теплопередачи от воздуха к воде 21 Вт/(м2·К), начальные и конечные температуры воздуха и воды равны соответственно =500°С,=250°С,= 10°С,= 90°С.

Определить также расход воды через теплообменник. Изобразить графики изменения температур теплоносителей для обеих схем при различных соотношениях их условных эквивалентов.

Массовые изобарные теплоемкости теплоносителей принять:

кДж/(кг·К); кДж/(кг·К).

Ответ: 732 м2; 13,2 кг/с.

Задача 2. Решить предыдущую задачу при условии, что схема движения теплоносителей в теплообменном аппарате – противоточная.

Ответ: 681 м2; 13,2 кг/с

Контрольные вопросы и задания

1. Что называется теплообменным аппаратом?

2. На какие группы делятся теплообменные аппараты?

3. По каким схемам осуществляется движение жидкостей?

4. Напишите основные уравнения теплопередачи и теплового баланса.

5. Изобразите графики изменения температур рабочих жидкостей в аппаратах с прямотоком и противотоком.

**Практическое занятие № 10 Расчет коэффициента полезного действия печи**

**Цель:** изучить методику расчета коэффициента полезного действия печи;. Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

Задачи:

1. Приобрести практические навыки по определению коэффициента полезного действия печи

2. Закрепить умения, подтверждающие теоретические знания.

Место проведения: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

Время выполнения: 9 часов

Материально-техническое обеспечение:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

Критерии оценок: приложение №1.

Цель этапа: кроме к.п.д. и расхода топлива рассчитать теплопроизводительность трубчатой печи (полную тепловую нагрузку), значение которой необходимо для выбора ее типоразмера.

Уравнение теплового баланса для трубчатой печи выглядит так:

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image030.png

Расчет теплового баланса ведется на 1 кг топлива.

Статьи расхода тепла:

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image031.png

где qпол., qух., qпот. - соответственно полезно воспринятое в печи сырьем, теряемое с уходящими из печи дымовыми газами, теряемое в окружающую среду, кДж/кг.

Статьи прихода тепла:

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image032.png

где Cт, Cв, Cф.п. - соответственно теплоемкости топлива, воздуха, форсуночного водяного пара, кДж/кг;

tт, tв, tф.п. - температуры топлива, воздуха, форсуночного водяного пара, 0С.

Явное тепло топлива, воздуха и водяного пара обычно невелико и ими часто в технических расчетах пренебрегают.

Итак, уравнение теплового баланса запишется в следующем виде:

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image033.png

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image034.png

откуда коэффициент полезного действия трубчатой печи:

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image036.png

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image037.png

где , - соответственно потери тепла с уходящими дымовыми газами и потери тепла в окружающую среду в долях от низшей теплотворной способности топлива.

Потери тепла в окружающую среду qпот. принимаем 6 % (0,06 в долях) от низшей теплотворной способности топлива, т.е.

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image039.png, откуда

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image040.pngкДж/кг.

Температура уходящих дымовых газов определяется равенством:

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image041.png, 0С,

где t1 - температура нагреваемого продукта на входе в печь, 0С;∆

∆t - разность температур теплоносителей на входе сырья в змеевик камеры конвекции; принимаем t = 420 0С;

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image042.png0С (713 К).

При этой температуре определяем потери тепла с уходящими газами:

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image043.pngкДж/кг.

Итак, определяем к.п.д. печи:

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image044.png.

Расчет полезной тепловой нагрузки трубчатой печи производим по формуле:

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image045.png,

где - производительность печи по сырью, кг/ч;

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image047.png

, , - соответственно теплосодержания паровой и жидкой фазы при температуре t2, жидкой фазы (сырья) при температуре t1, кДж/кг;

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image046.png

e - доля отгона сырья на выходе из змеевика трубчатой печи.

Теплосодержание паров нефтепродуктов определяется по уравнению:

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image048.png,

где - относительная плотность; для конденсированных паров = 0,8;

кДж/кг.

Уравнение для расчета теплосодержания жидких нефтепродуктов имеет вид:

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image051.png,

где относительная плотность нефти = 0,87;

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image052.pngкДж/кг;

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image053.pngкДж/кг.

Рассчитываем полезную тепловую нагрузку печи:

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image054.png http://studbooks.net/imag_/43/177557/image055.png.

Определяем полную тепловую нагрузку печи:

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image056.png.

Часовой расход топлива:

http://studbooks.net/imag_/43/177557/image057.pngкг/ч.

Выводы: 1) расчеты данного этапа показали, что коэффициент полезного действия нашей печи = 0,83, т.е. довольно высокий, т.к. для трубчатых печей значение к.п.д. находится в пределах от 0,65 до 0,85

2) полная тепловая нагрузка печи составила 31,52 МВт.

**Практическое занятие № 11 Расчет теплового баланса печи**

**Цель:** изучить методику расчета теплового баланса печи;

Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

Задачи:

1. Приобрести практические навыки по определению теплового баланса печи

2. Закрепить умения, подтверждающие теоретические знания.

Место проведения: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

Время выполнения: 5 часов

Материально-техническое обеспечение:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

Критерии оценок: приложение №1.

**Тепловой баланс печи** является выражением закона сохранения энергии применительно к промышленным печам. Тепловой баланс состоит из приходной части Qприх. и расходной части Qрасх.. Каждая из них включает в себя приходные и расходные статьи. Qприх.= Qрасх.

Применительно к печам непрерывного действия тепловой баланс составляют для единицы времени работы печи, а для печей периодического действия составляют баланс одного цикла её работы. В приходную часть баланса входят следующие статьи:

- Qтэ – тепло, поступившее в печь от сжигания топлива или преобразованное из электрической энергии;

- Qфтм – физическое тепло металла, предварительного подогрева вне печи;

- Qфтв – физическое тепло подогретого воздуха;

- Qфтт – физическое тепло подогретого топлива;

- Qэр – тепло экзотермических реакций (учитывается тепло всех экзотермических реакций, проходящих в печи, кроме реакции горения топлива.

В расходную часть баланса Q расх. входят:

- Qпол – полезное использованное тепло. В общем случае при предварительном подогреве металла эту величину определяют по формуле:

- iм.н. - энтальпия предварительно нагретого металла, МДж/кг;

- iм.к. энтальпия металла при конечной температуре, МДж/кг;

- G - масса металла, кг/час или кг/цикл;

- Qокр – потери тепла в окружающее пространство. Эти потери состоят из потерь теплопроводностью через стенки, свод и под печи, потерь излучением, потерь в результате выбивания и подсоса газов через окна, щели и неплотности печи;

- Qу.г. – потери тепла уходящих газов. Величина этих потерь для различных топливных печей составляет 30…75%;

- Qшл. – тепло, уносимое шлаками (для плавильных печей);

- Qх.н. – потери тепла от химической неполноты горения. При беспламенном сгорании эти потери практически отсутствуют. При пламенном горении в уходящих газах обычно содержатся несгоревшие СО и Н2. Соотношение СО/Н2 обычно принимают равным 1/2. Теплота сгорания такой смеси равна 12 142 кДж/м3. Поэтому при содержании в уходящих газах а процентов несгоревшего СО потери тепла составят:

- В - расход топлива, кг/час или м3/час;

- Vу.г. – объём уходящих газов, м3 на 1кг или на 1м3 топлива.

- Qм.н – потери тепла от механической неполноты горения. Эти потери происходят при плавке на твёрдом топливе. Они связаны с уносом частиц топлива уходящими газами и потерями со шлаком. При плавке в вагранках величина этих потерь достигает 3 %.

- Qраз. – потери тепла на разогрев печи периодического действия (достигают 20%);

- Qэнд.– потери тепла на эндотермические реакции (например на диссоциацию известняка, тигельную и другие реакции).

Обобщающим показателем энергетической эффективности промышленных печей является удельный расход энергии в ГДж на 1т материала. (ГОСТ Р 51749-2001: Энергосбережение. Энергопотребляющее оборудование общепромышленного применения. Виды. Типы. Группы. Показатели энергетической эффективности. Идентификация).

В производственных условиях обычно используют частные показатели энергетической эффективности работы печей, с помощью которых оценивают относительную величину различных видов потерь энергии в печах. К ним относятся:

- термический КПД – это отношение полезного тепла ко всей приходной части теплового баланса.

- эффективный КПД - это отношение полезного тепла к теплу, поступившему в печь от сжигания топлива или преобразованного из электрической энергии.

Для электрических печей используют также электрический КПД печи и электрический КПД установки, отражающие эффективность преобразования электрической энергии в тепловую в самой печи и потери энергии в токоподводе (см. главу 2).

**Практическое занятие № 12 Решение расчетных задач**

**Цель:** изучить методику расчета параметров ( время и скорость реакции, объем, количество конечного продукта) реакторов.

Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

Задачи:

1. Приобрести практические навыки по определению объема реакторов

2. Закрепить умения, подтверждающие теоретические знания.

Место проведения: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

Время выполнения: 4 часа

Материально-техническое обеспечение:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

Критерии оценок: приложение №1.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ РЕАКТОРОВ

Основным технологическим элементом установки для проведения химического процесса является аппарат, в котором происходит химическая реакция. Химическими реакторами принято считать аппараты, в которых осуществляются химические процессы с целью получения определенного вещества в рамках одного технологического процесса.

Если рассмотреть множество реакторов, применяемых в настоящее время в химической промышленности, то можно сделать следующие выводы.

Во всех химических реакторах имеют место определенные физические процессы, с помощью которых создаются условия проведения химического процесса. Для осуществления физических этапов процесса реакторы имеют в своей структуре простые аппараты или элементы аппаратов (мешалки, теплообменники и т. д.). Таким образом, химические реакторы можно рассматривать как комплексные аппараты, состоящие из определенных сочетаний простых аппаратов или элементов аппаратов, большинство из которых используется для проведения физических этапов процесса, сопровождающих химическую реакцию. Число таких возможных и требуемых сочетаний, а следовательно, и количество типов реакторов, очень велико, и некоторые из них имеют между собой существенные различия. Вместе с тем существуют и одинаковые для всех реакторов элементы, на основе которых можно составить общие закономерности, дающие представление о развитии химического процесса.

Наиболее часто химические реакторы классифицируют по следующим критериям: непрерывность операции, тепловой режим, режим движения реакционной среды и фазовое состояние реагентов.

Непрерывность операции. Различают реакторы периодического, непрерывного и полупериодического (полунепрерывного) действия.

В реакторы периодического действия реагенты загружаются одновременно в начале операции. После определенного времени, необходимого для достижения заданной степени превращения, выгружается продукт реакции. Основные параметры химического процесса (состав, температура или давление) изменяются во времени. Продолжительность реакции можно измерить непосредственно.

Реакторы непрерывного действия имеют непрерывное питание реагентами. Удаление продукта реакции также непрерывное. За исключением периодов пуска и остановки реактор работает в постоянном стационарном режиме. Для таких реакторов продолжительность реакции не может быть измерена непосредственно, так как обычно в реакционном пространстве изменяется не только состав, но и темпера­тура, число молей, объем и линейная скорость реагентов. В этом случае вместо продолжительности реакции пользуются величиной времени контакта (пребывания). Время контакта определяется как отношение объема реакционной смеси в реакторе (необходимого объема реактора) к объемному расходу реагентов (питания).

Реакторы полупериодического действия характеризуются тем, что один из реагентов питания поступает непрерывно, а другой периодически. Однако возможны и другие варианты. Например, реагенты подают в реактор периодически, а продукт реакции удаляют непрерывно. Такие реакторы работают в переходном режиме, основные параметры процесса изменяются во времени.

Тепловой режим. По тепловому режиму реакторы делят в основ­ном на изотермические и адиабатические.

Изотермические реакторы имеют одинаковую и постоянную темпера­туру во всех точках реакционного пространства; скорость реакции зависит только от состава. Так как реакции не всегда сопровождаются значительным тепловым эффектом, изотермические условия не могут быть достигнуты только одним выделением или поглощением тепла реакционной средой — необходим тепловой агент и поверхность теплообмена. Изотермический режим работы реактора используется более широко, чем адиабатический.

Адиабатические реакторы не имеют теплообмена с внешней средой. Конструкция этих реакторов проста, так как для осуществления адиабатического режима достаточно иметь хорошую тепловую изоляцию.

В некоторых случаях для получения высоких степеней превращения (или большей производительности реактора) осуществляют теплообмен с изменением температур во времени или в пространстве, или одновременно во времени и в пространстве. Используемые при этом неадиабатические, неизотермические реакторы называются реакторами с программированным тепловым режимом. Программирование может осуществляться автоматически, с помощью конструктивных приспособлений, которые обеспечивают изменение теплового потока во времени и в реакционном пространстве.

Режим движения реакционной среды. Реактор непрерывного действия (вытеснения, смешения). В реакторе непрерывного вытеснения, элемент объема движется, не смешиваясь с предыдущим или последующим элементами объема. Состав элемента объема будет изменяться последовательно по длине реактора вследствие химической реакции. Реактор не имеет ни одного механического конструктивного приспособления для перемешивания и характеризуется большими значениями соотношений между длиной и диаметром. При движении через реактор элемент объема, вероятно, ведет себя так же, как поршень в цилиндре, вытесняя все, что находится перед ним, поэтому такой реакционный аппарат называют реактором с полным вытеснением (реактором идеального вытеснения - РИВ).

В реакторе непрерывного смешения элемент объема мгновенно перемешивается с содержимым реактора. Состав этого элемента резко изменяется от состава питания до состава смеси в реакторе, что легко достигается с помощью мешалки или другого конструктивного приспособления: барботера, инжектора и т. д. Наличие перемешивающего устройства создает такие условия, при которых реакционная среда проходит через реактор большое число раз. Вследствие этой особенности такой реакционный аппарат называют реактором с полным перемешиванием (реактором идеального смешения – РИС-Н).

Реактор с полным вытеснением и реактор с полным перемешиванием являются идеальными типами реакционных аппаратов.

На практике чаще встречаются реакторы смешанного типа, в которых нет ни полного вытеснения, ни полного перемешивания.

Фазовое состояние реагентов. Если при проведении химической реакции в реакторе находится одна фаза, то такой реактор называют гомогенным. Гомогенные реакторы заполняются реагентами, находящимися либо только в газообразном, либо только в жидком состоянии.

Если вещества в реакторе находятся в различных агрегатных состояниях, то такой реактор называют гетерогенным. Существует столько типов гетерогенных реакторов, сколько комбинаций можно составить из трех агрегатных состояний: газ, жидкость и твердое тело.

Этот классификационный критерий не является достаточно точным, так как он не учитывает фазового состояния продукта реакции. Например, полимеризация этилена — гомогенная реакция в газовой фазе, а полученный в результате реакции полиэтилен представляет собой жидкий продукт, что в значительной степени определяет конструкцию реактора. Тем не менее, критерий фазового состояния реагентов позволяет проводить систематизацию, широко используемую в области химических реакторов. Кроме изложенных классификаций, существует еще и другие, например основанные на различиях конструктивных форм реакторов.

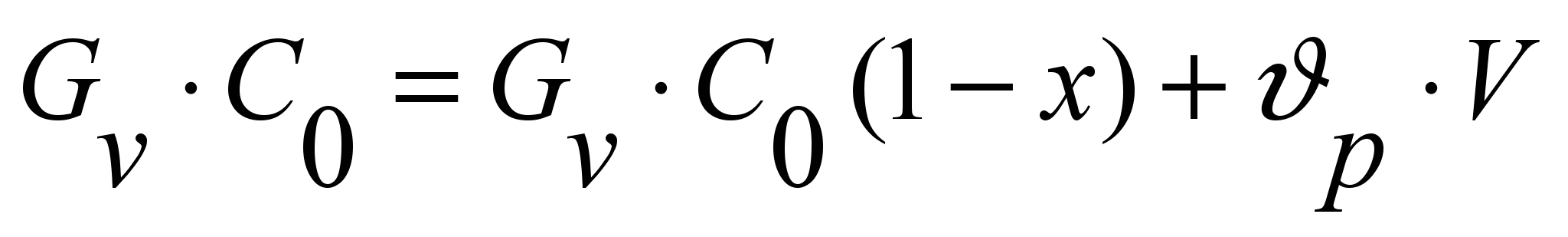
В рамках данного учебного пособия нами рассматривались технологический расчет идеальных реакторов с различными режимами движения реакционной среды и непрерывности операций, как в отдельности, так и в различных соединениях.

1.1. Реактор идеального смешения непрерывного действия

Схема потоков в реакторе полного смешения представлена на рис. 1. В реакторе такого типа концентрация любого компонента равномерна по всему реакционному объему, и поэтому уравнение материального баланса можно записать для всего объема реактора. Для установившегося режима:

Gпр= Gух+ Gхр (1),

где Gпр – масса вещества, поступающего в элементарный объем в единицу времени; Gух - масса вещества, выходящего из элементарного объема в единицу времени; Gхр – скорость расходования исходного вещества в результате химической реакции, протекающей в элементарном объеме:

 (2);

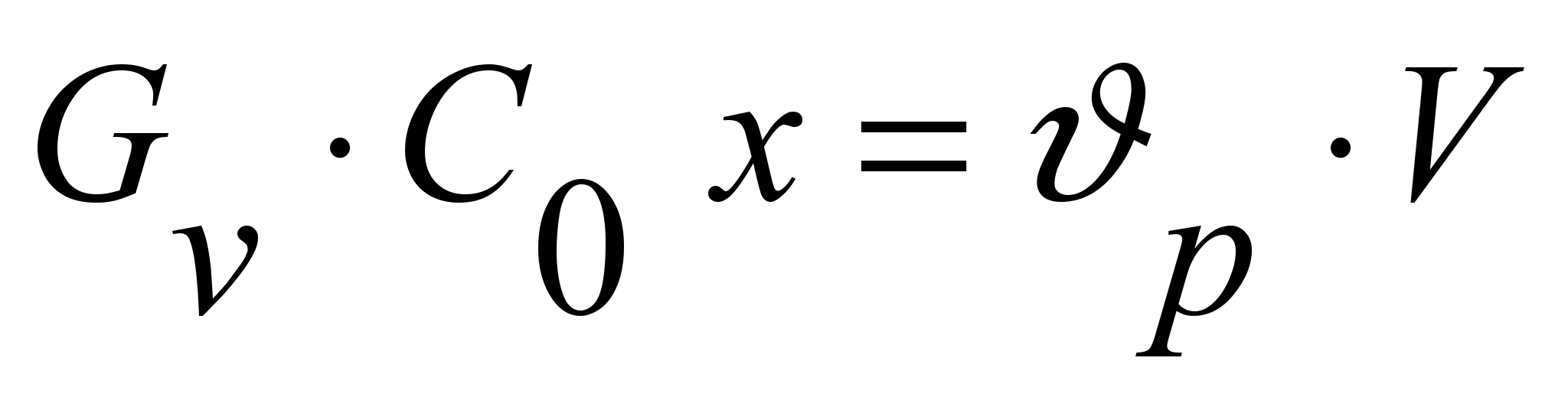
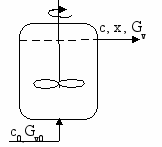
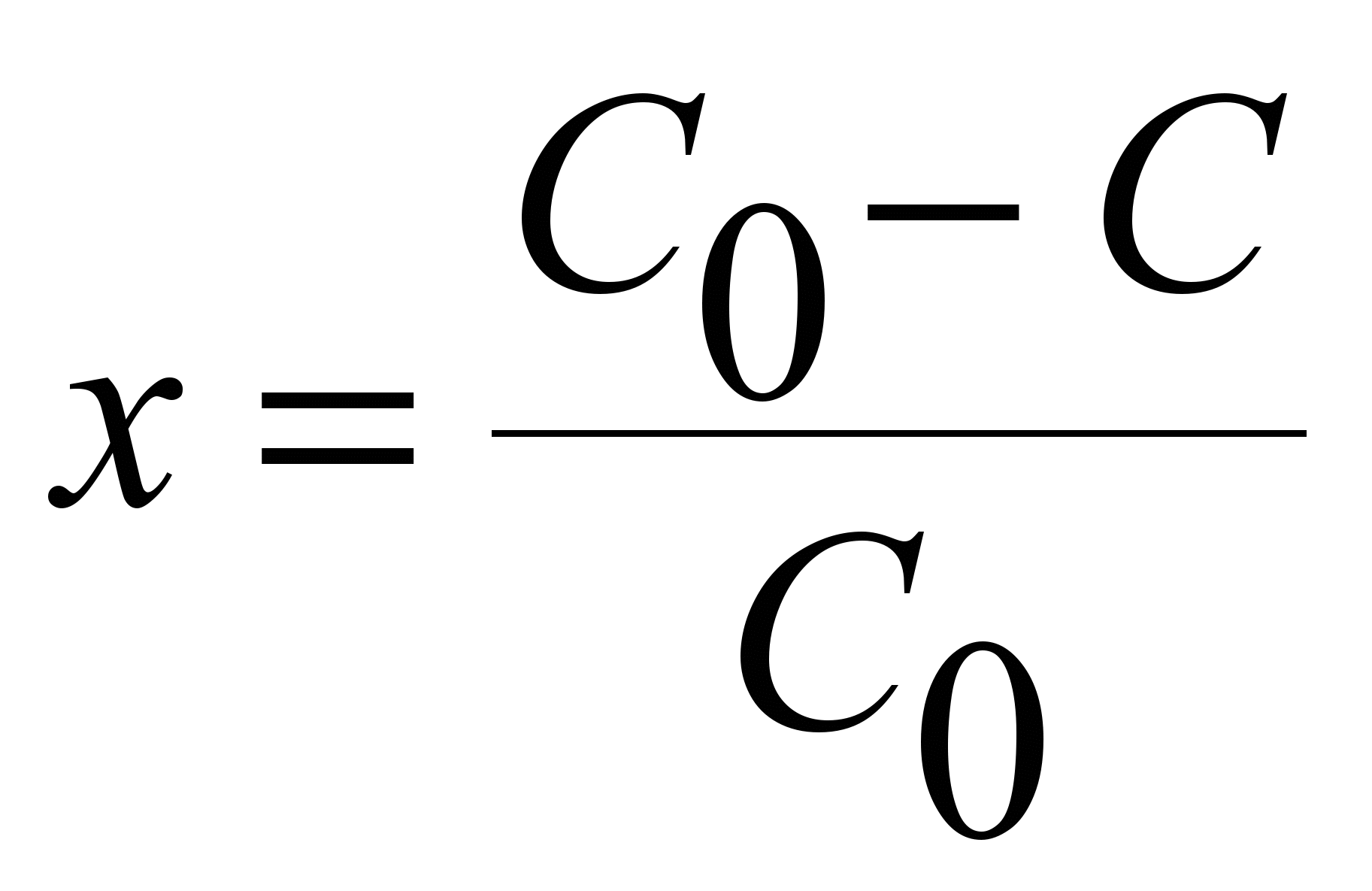
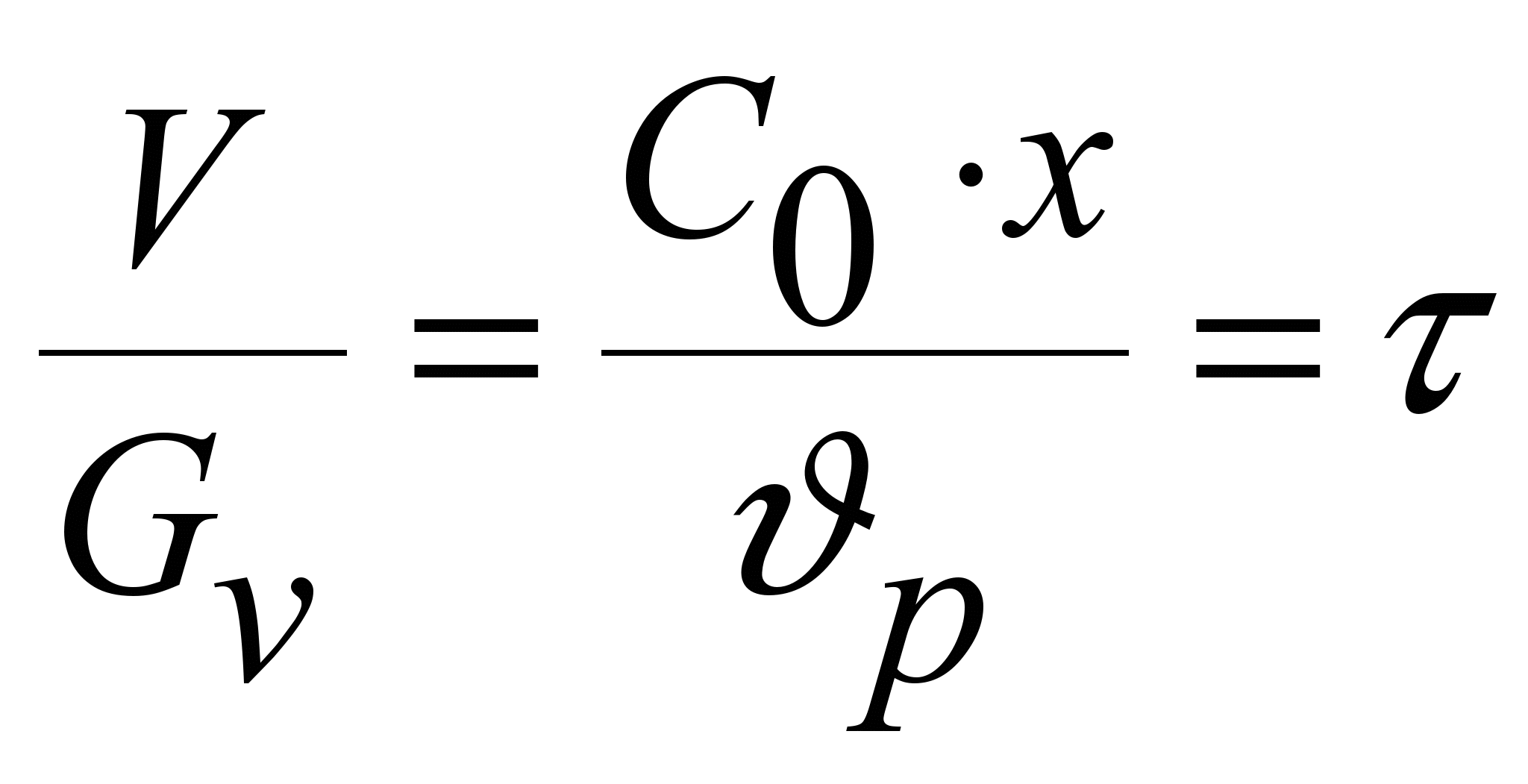
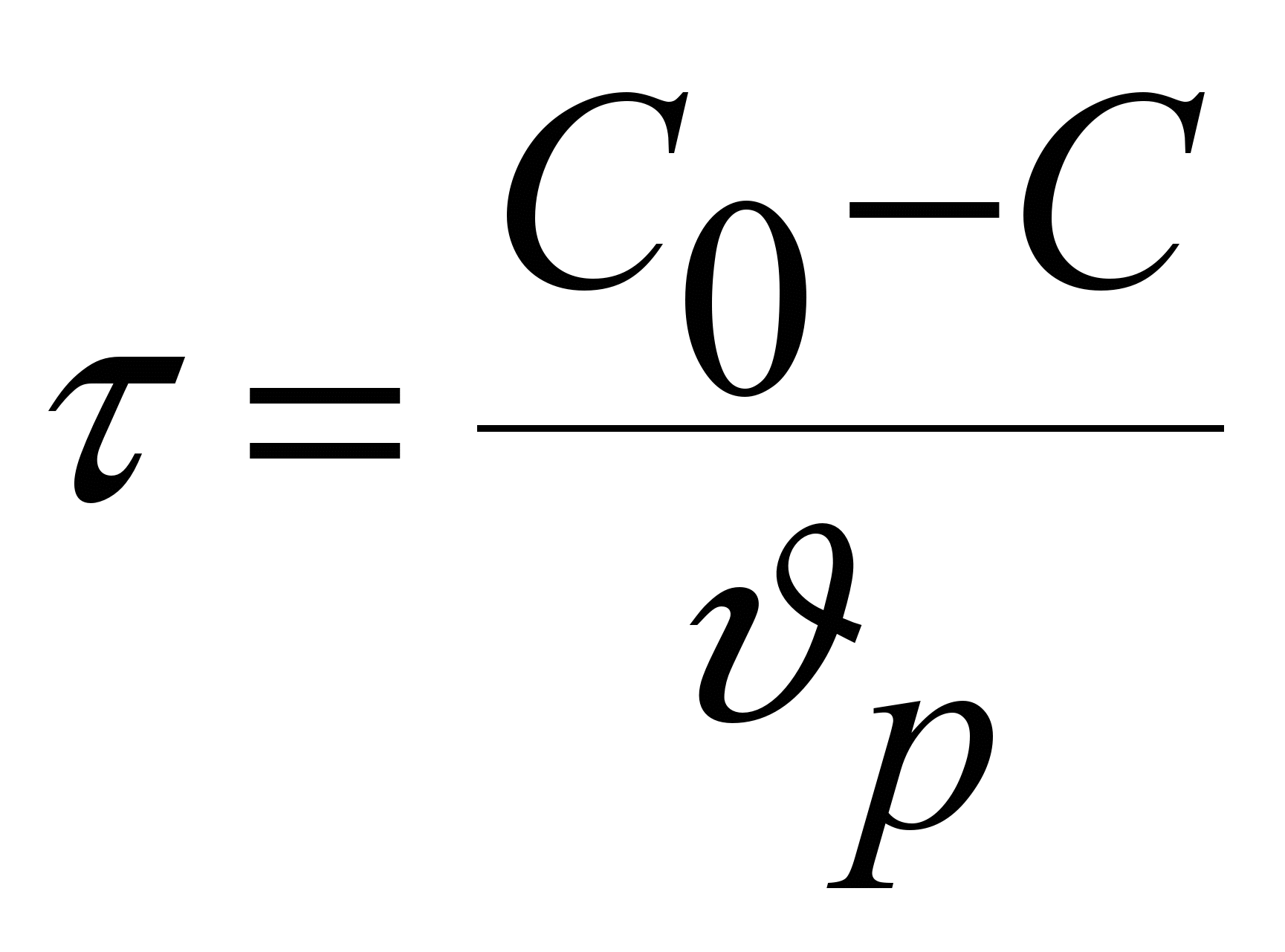
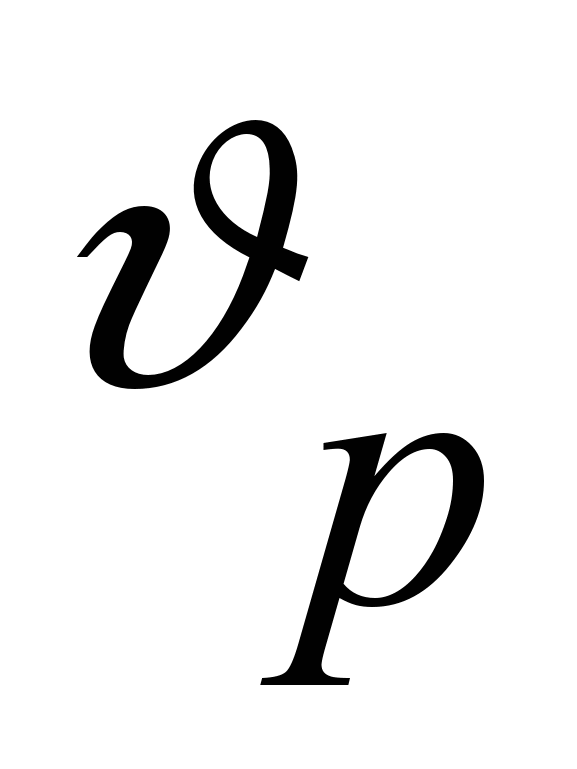
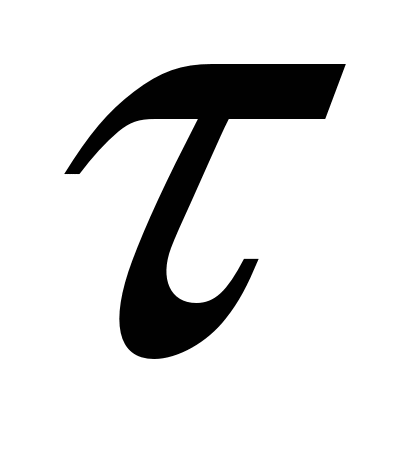
 (3). 

Рис.1. Схема реактора идеального смешения.

Так как степень превращения равна:

 (4);

 (5); то  (6),

где, Со- начальная концентрация исходного вещества,С - конечная концентрация исходного вещества,  - объемный расход реакционной смеси,  - скорость химической реакции, - время химической реакции,

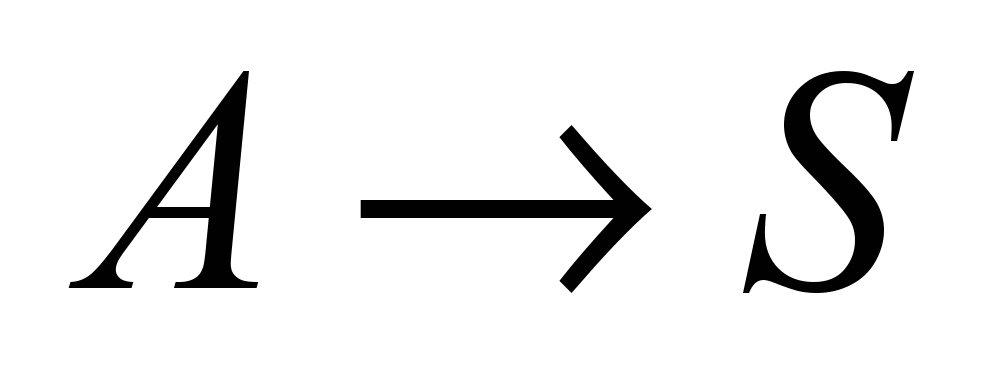
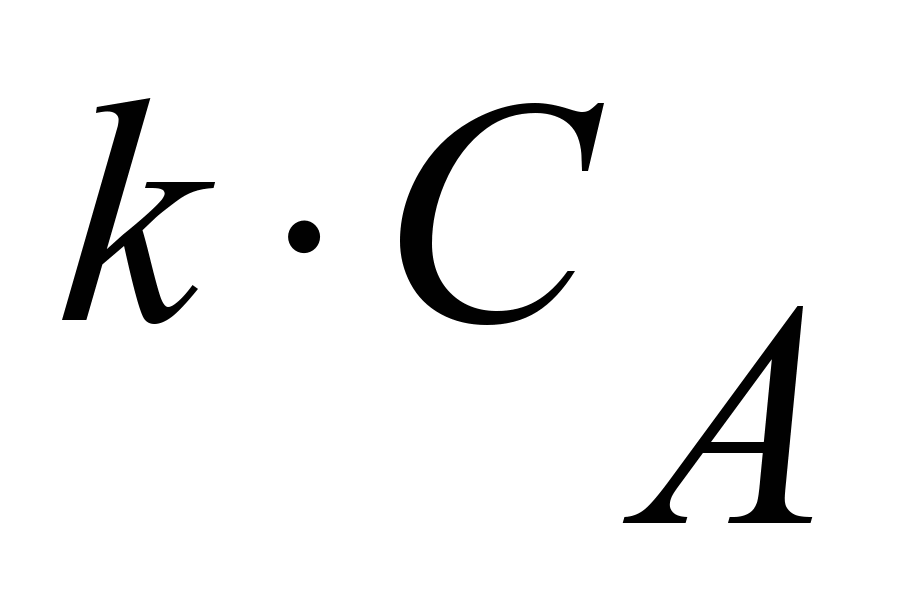
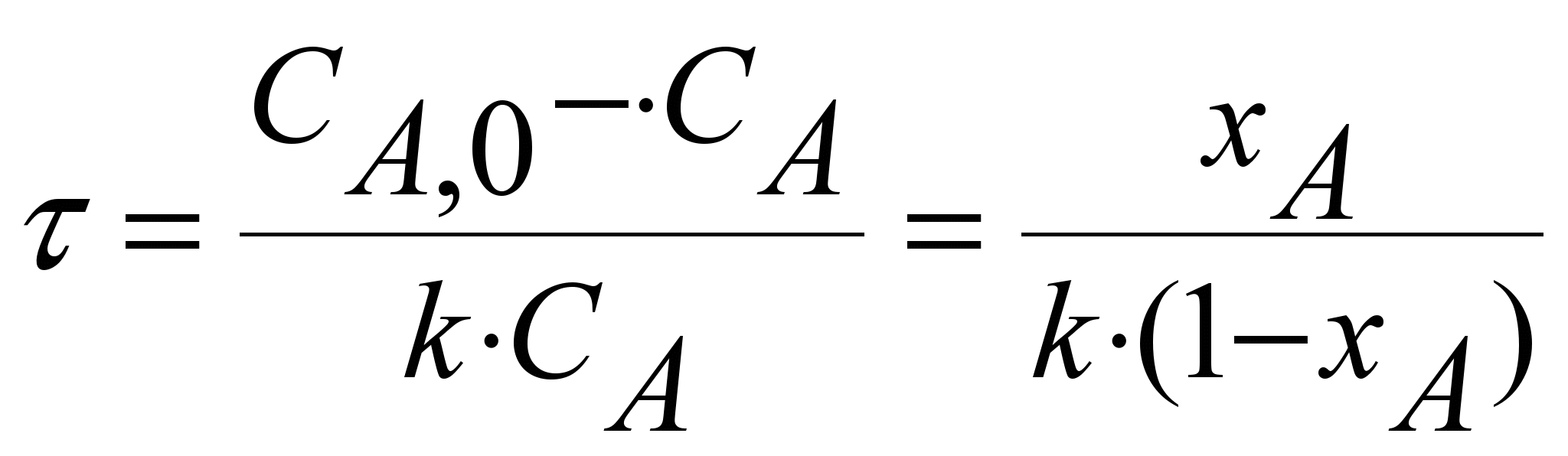
Х -степень превращения, V- объем реакционной смеси.

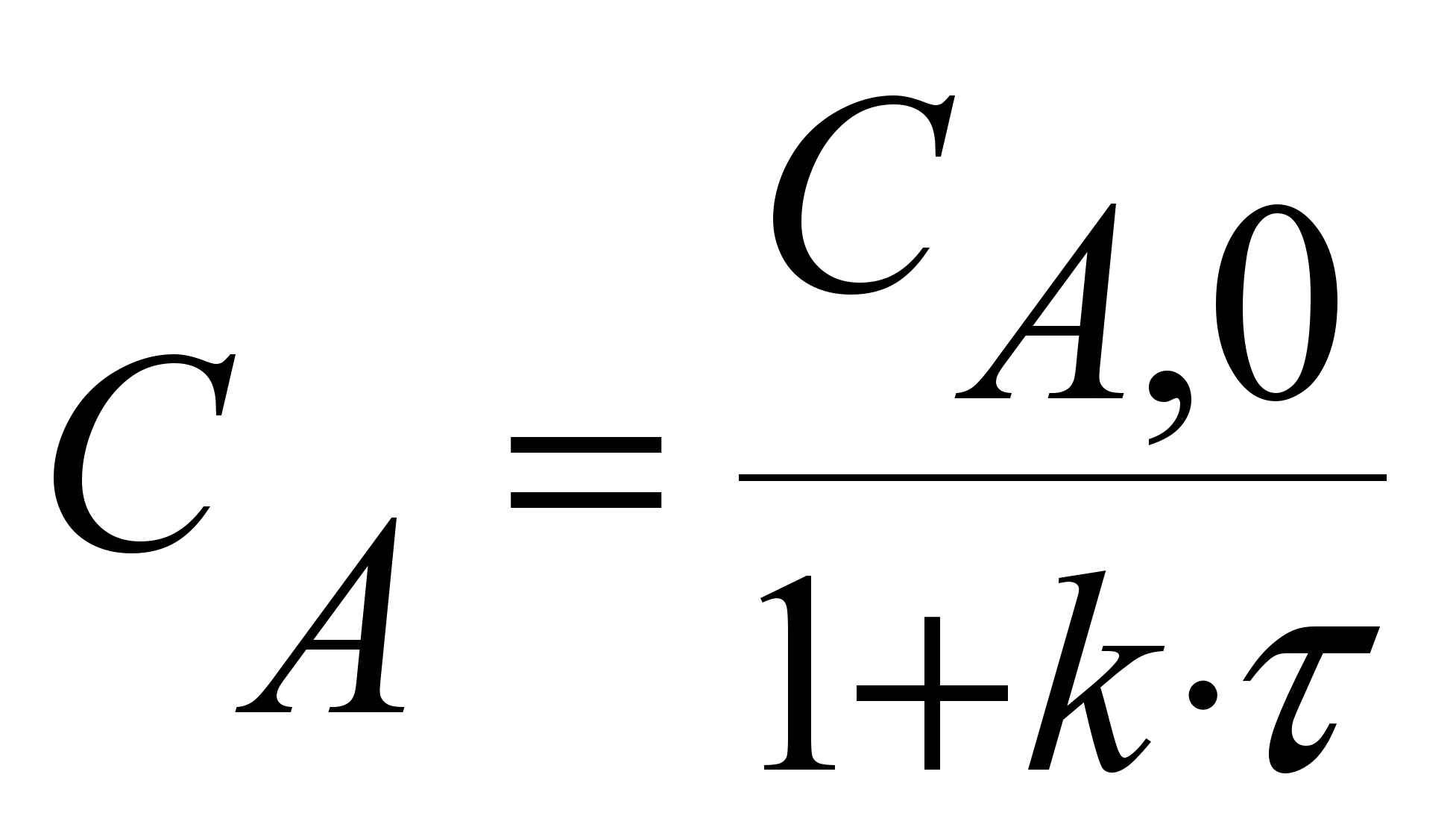
Уравнение (5, 6) представляют собой проектные уравнения реактора идеального смешения и позволяют определить неизвестную величину по заданным. В любом случае для реактора идеального смешения его размер, расход реагентов, начальные и конечные концентрации могут быть определены только при условии, если известна кинетика процесса.

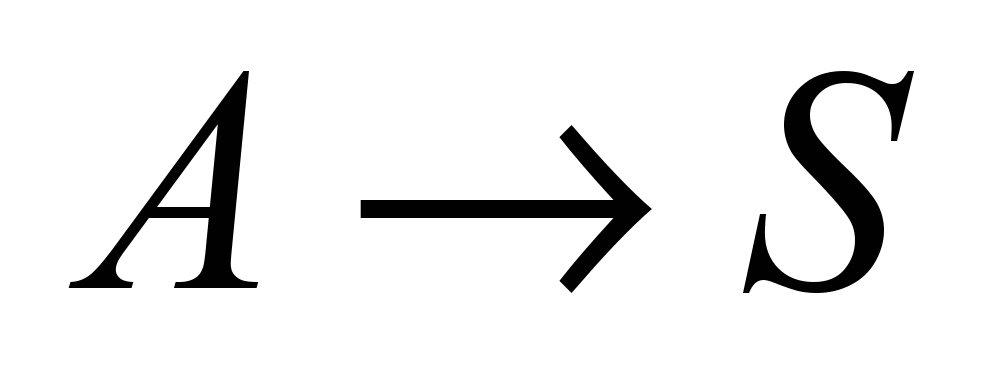
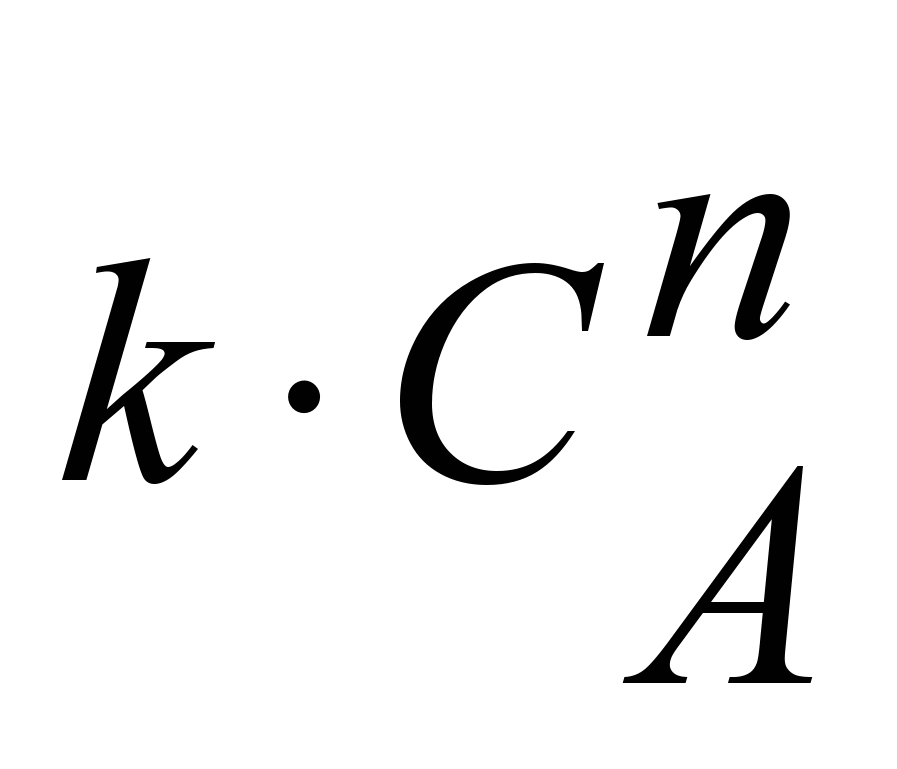
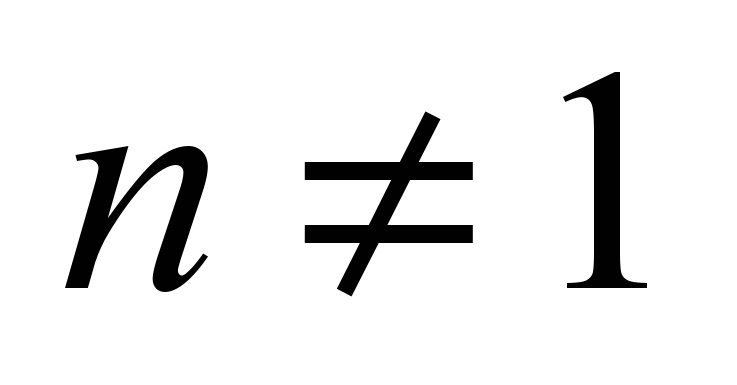
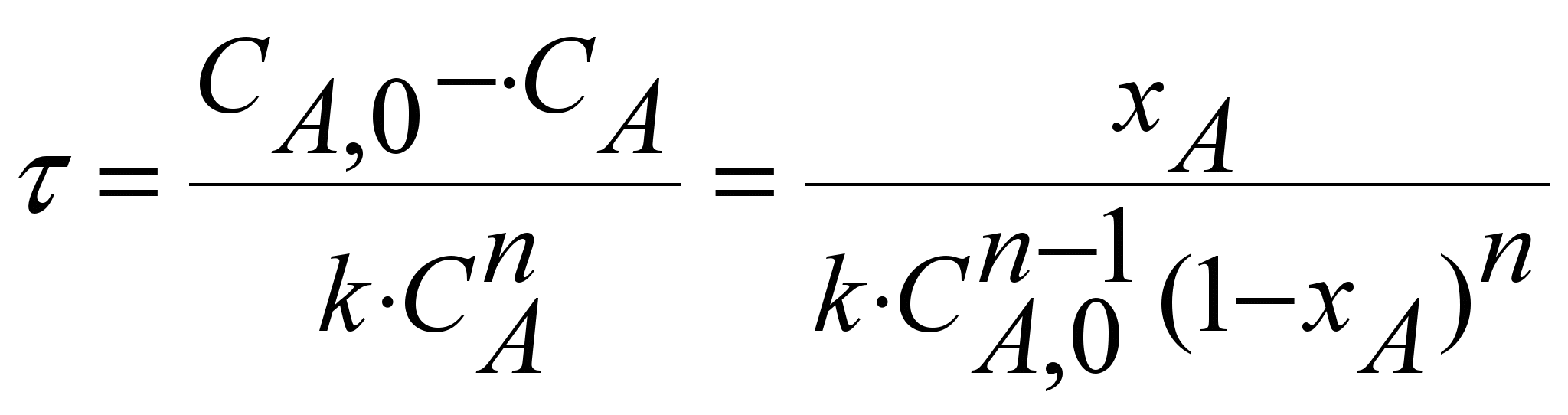
В таблице 1 приведены расчетные уравнения для реактора идеального смешения непрерывного действия при проведении в нем простых обратимых и необратимых, а также сложных химических реакций.

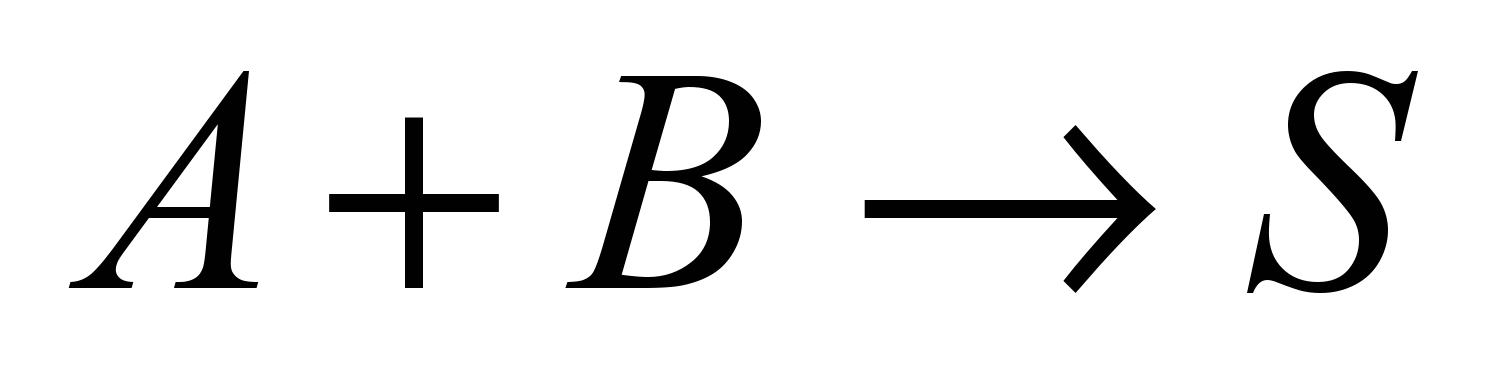
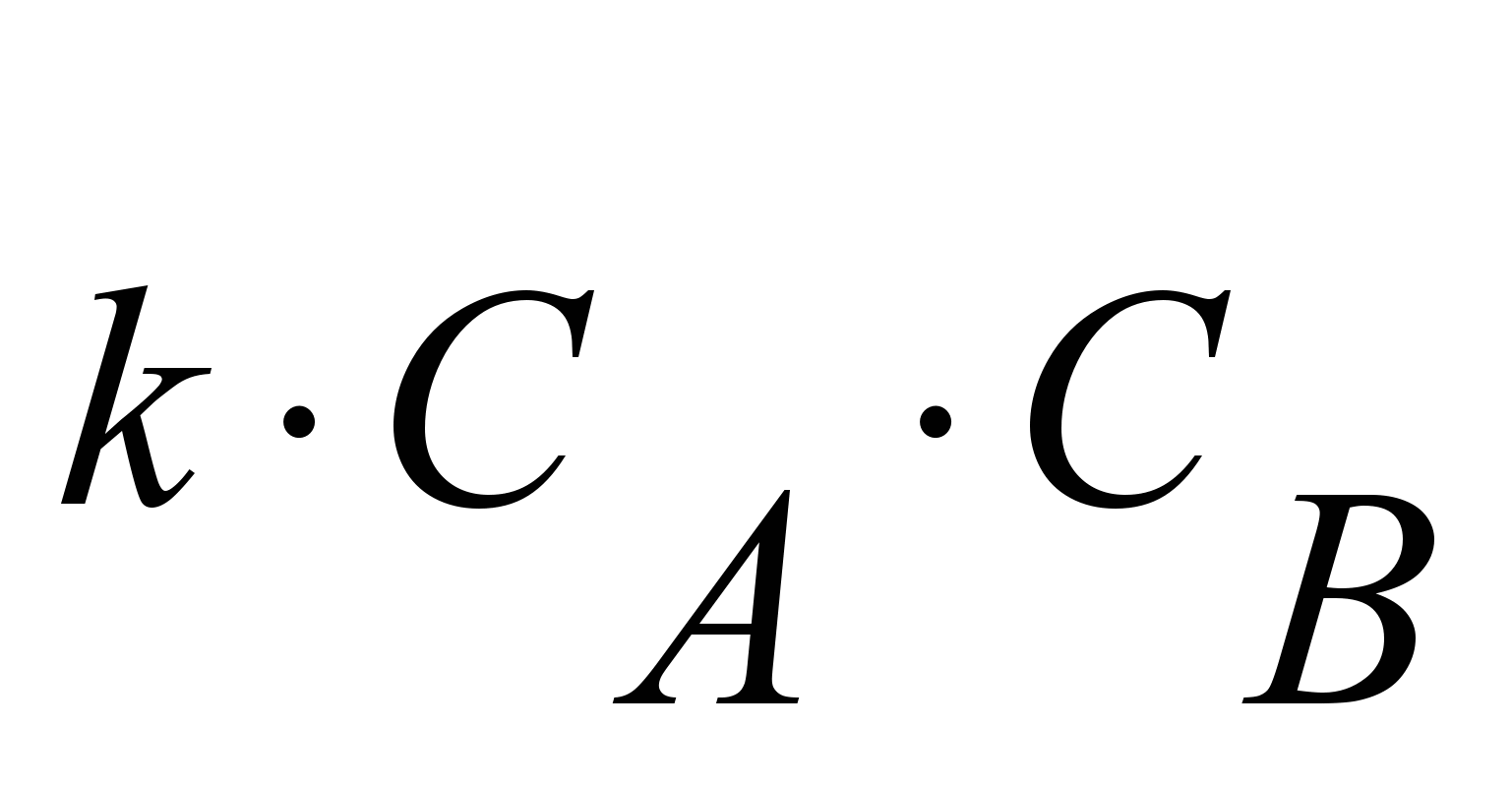
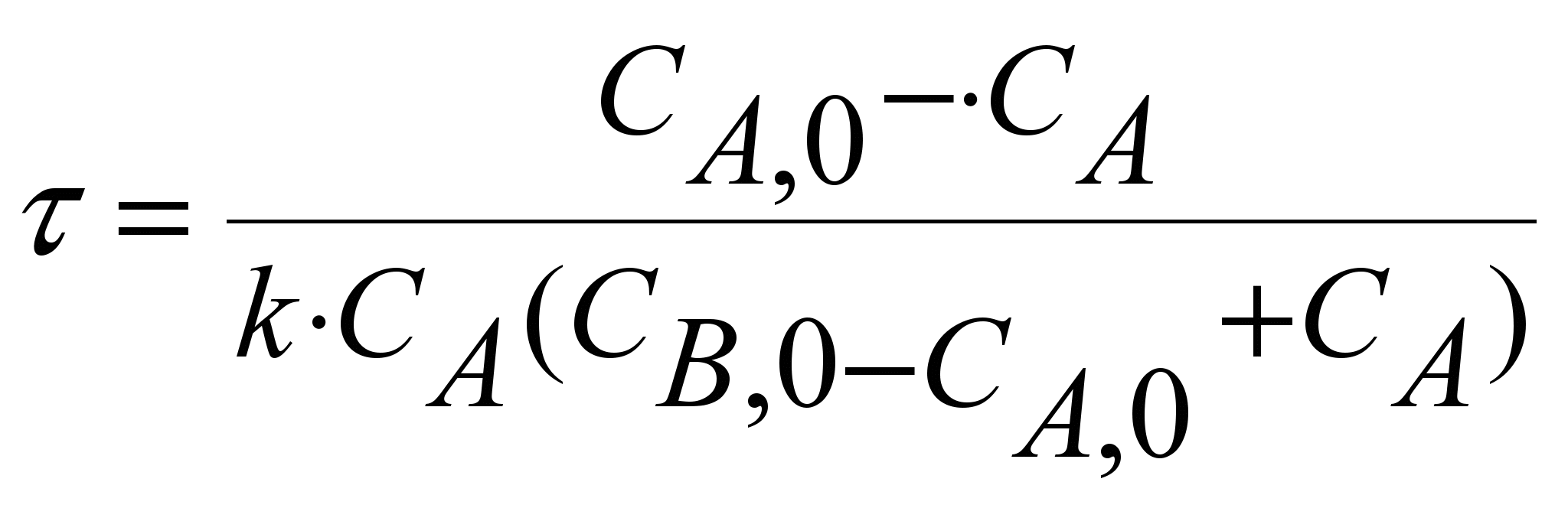
Таблица 1. Расчетные уравнения для РИС-Н

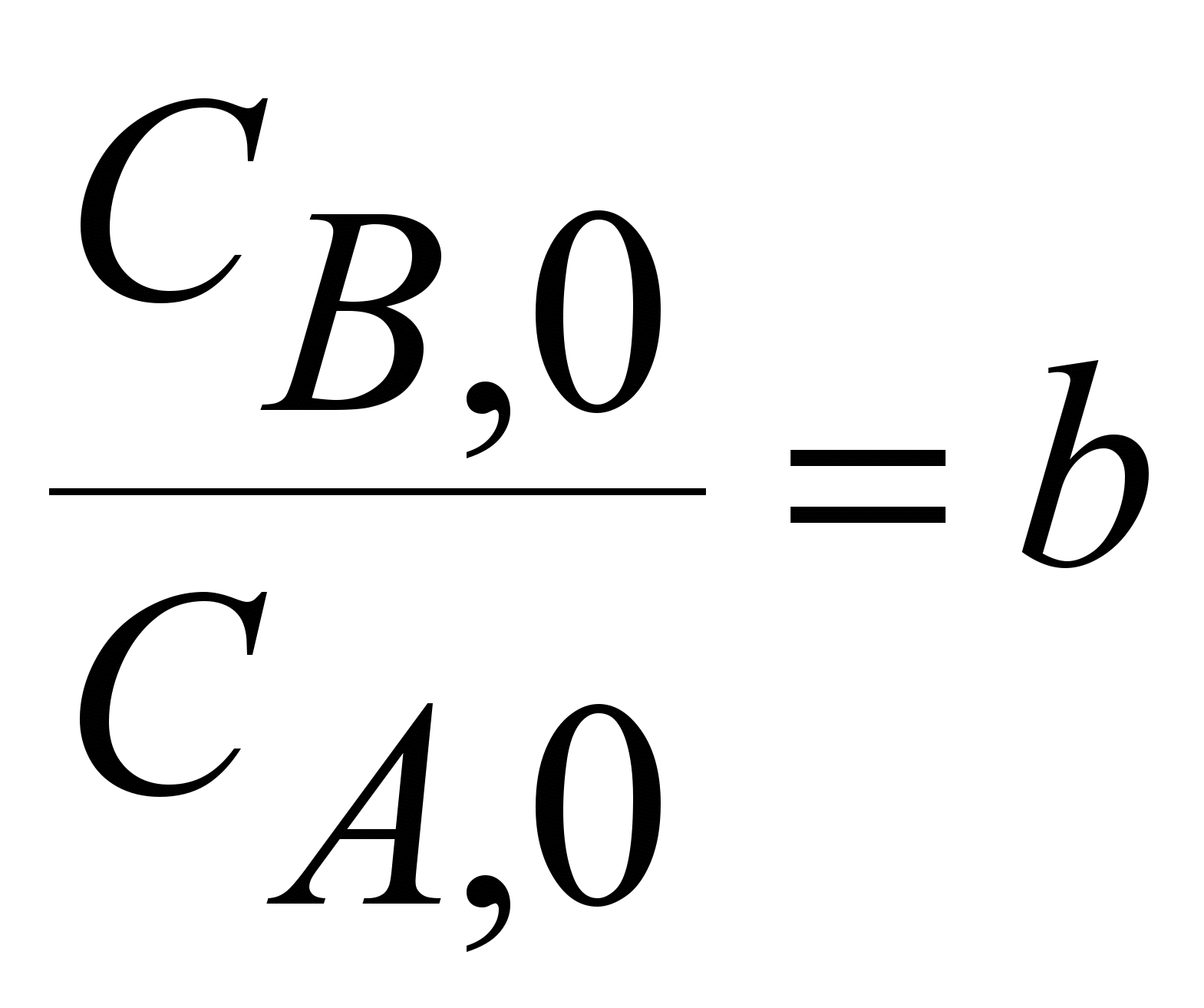
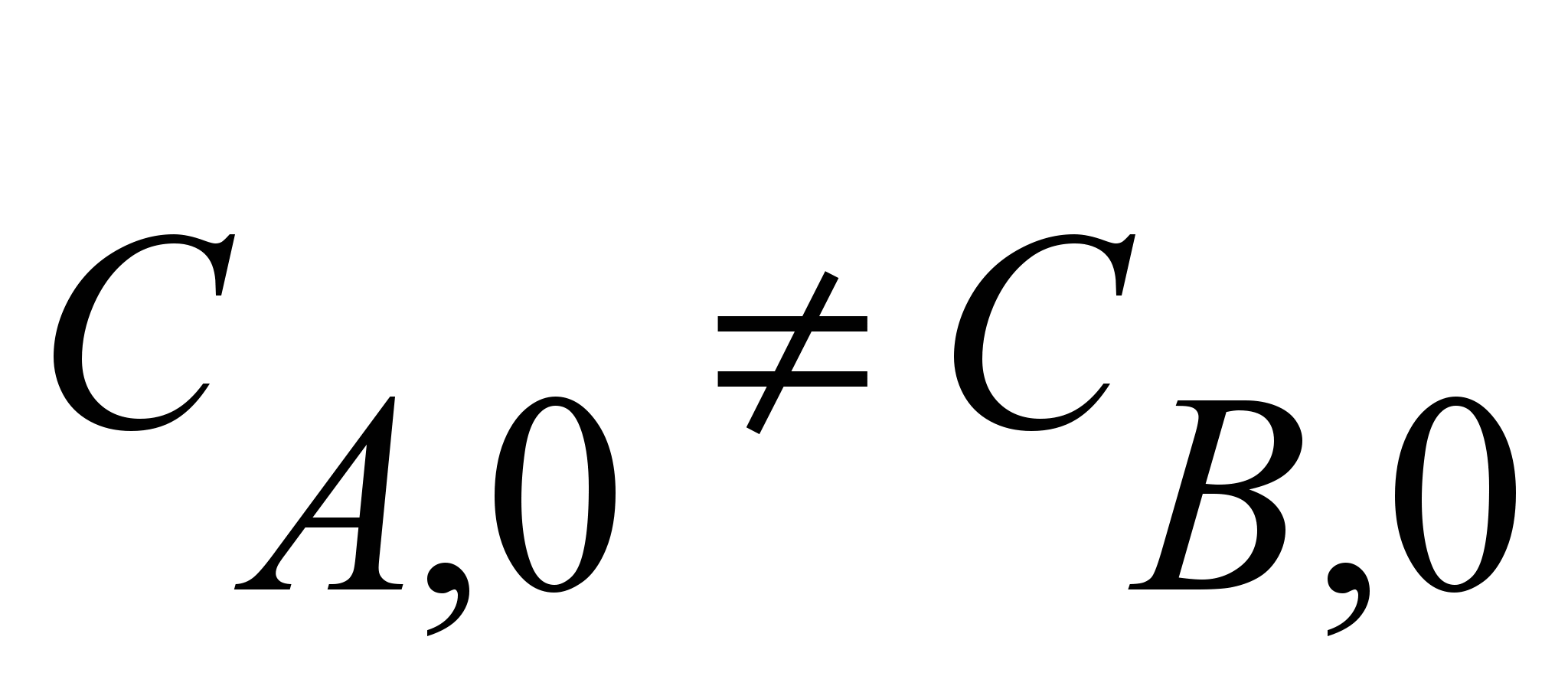
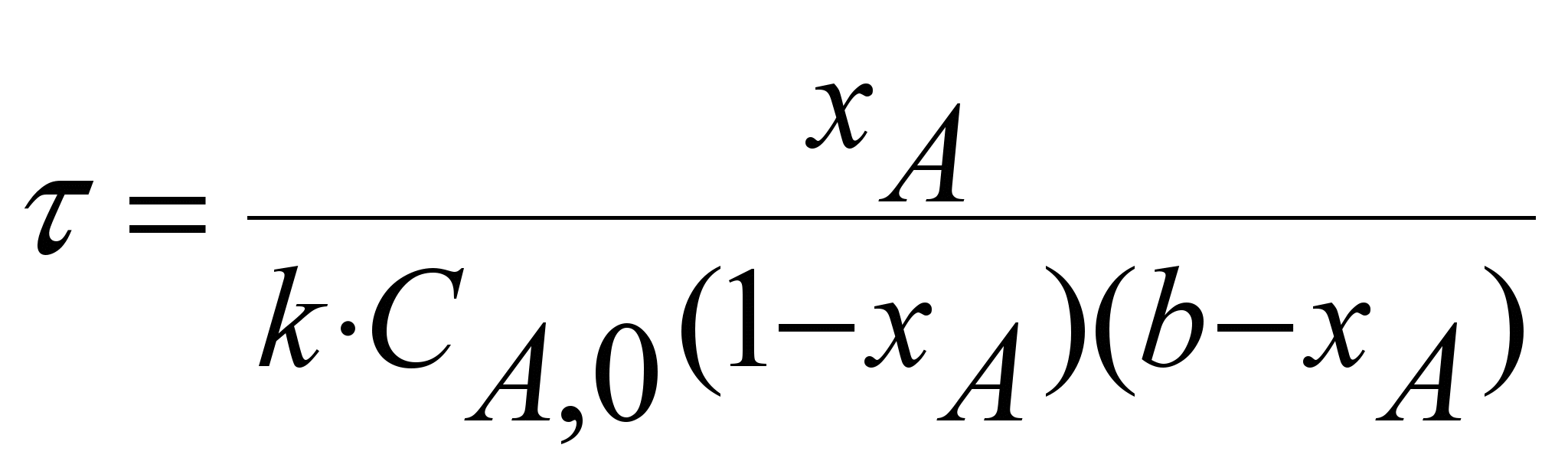
Схема реакции Кинетическая модель Расчетные уравнения



 при  

Рассмотрим некоторые примеры расчета такого типа реакторов.

Пример 1.

Определить объем реактора идеального смешения для реакции протекающего без изменения объема реакционной массы.

Дано:

реакция А ? 2S;

порядок реакции n=1;

объемный расход исходного вещества GV = 0,25 л/мин;

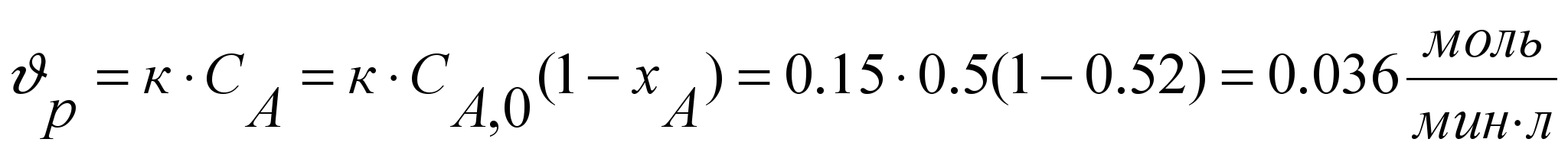
начальная концентрация исходного вещества СА0= 0,5 моль/л;

константа скорости реакции k= 0.15 мин -1;

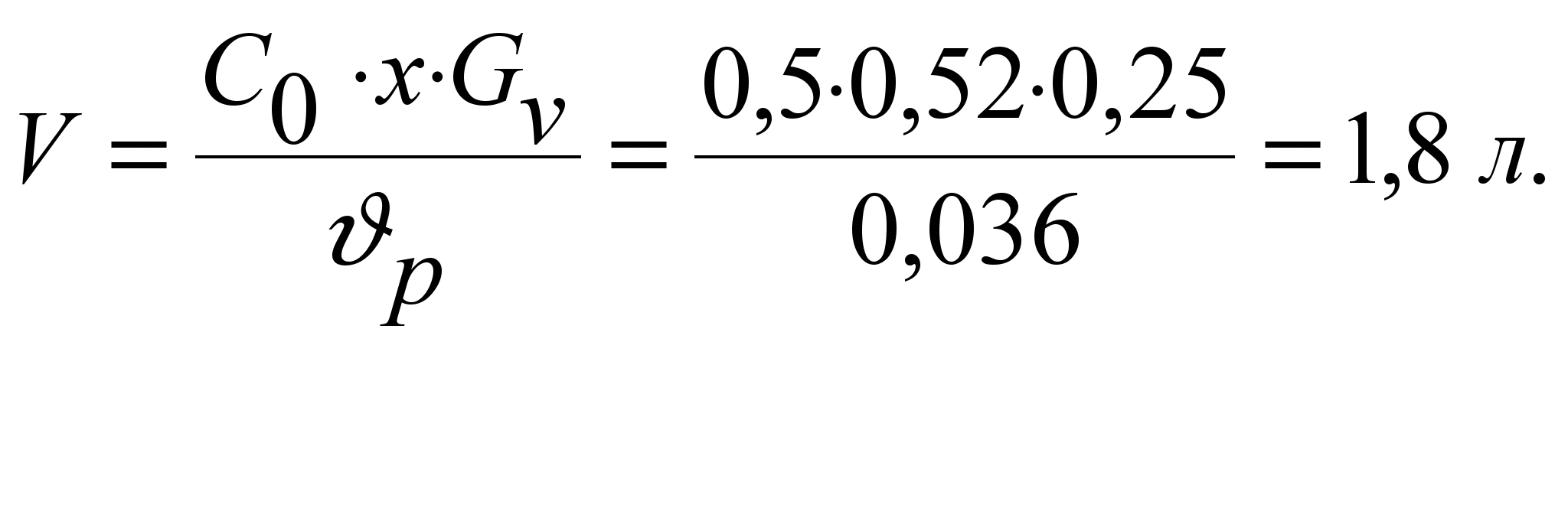
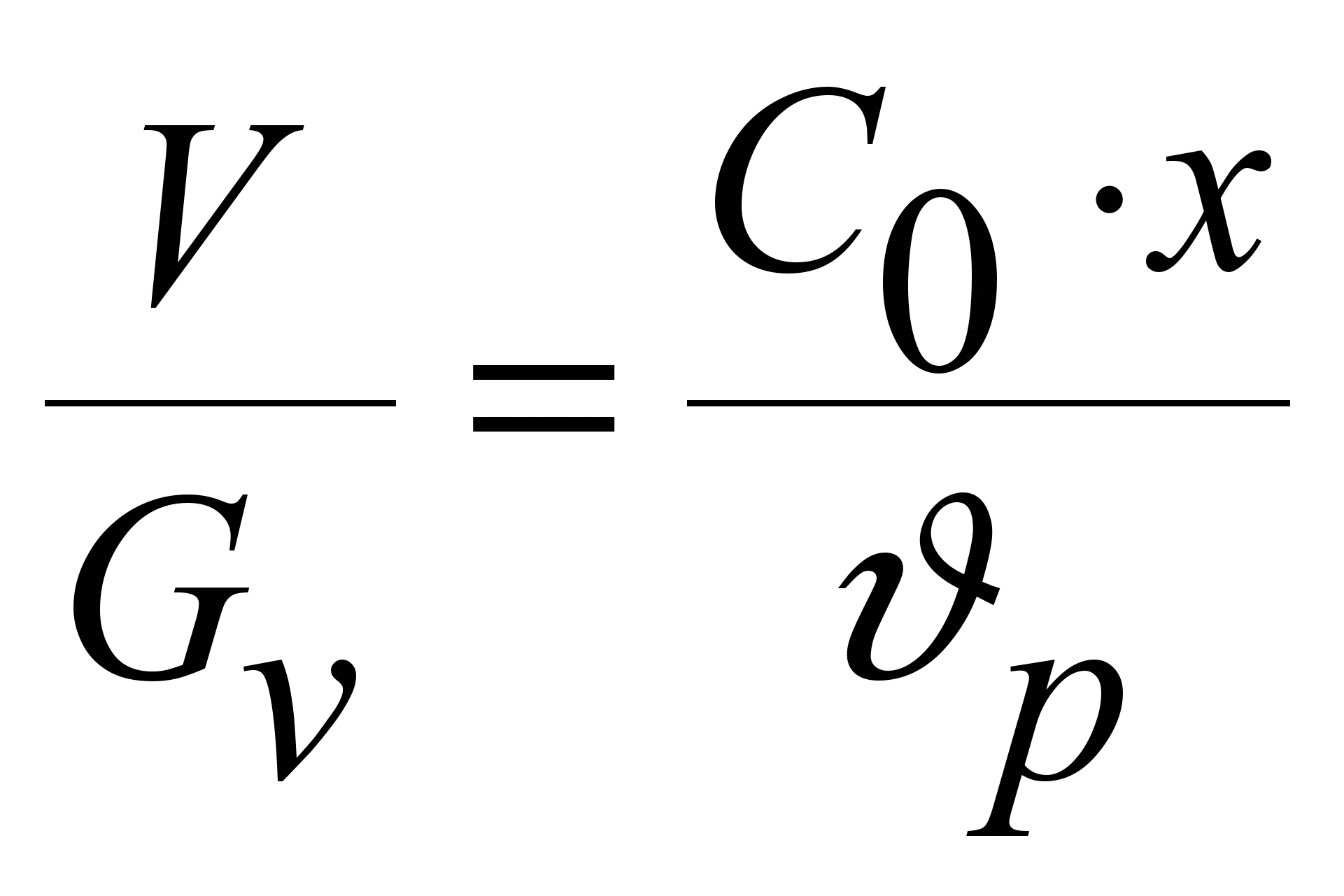
степень превращения xA = 0,52.

Решение.

Так как реакция первого порядка, скорость реакции определяем по уравнению:

.

В РИС-Н приравниваем объем реакционной массы к объему реактора, тогда по уравнению:



Пример 2.

Определить объем реактора идеального смешения для обратимой реакции протекающего без изменения объема реакционной массы.

Дано:

реакция 2А ?R+S;

порядок реакции n=2;

объемный расход исходного вещества GV = 4,8 м3/ч;

начальная концентрация исходного вещества СА,0= 1,5 кмоль/м3;

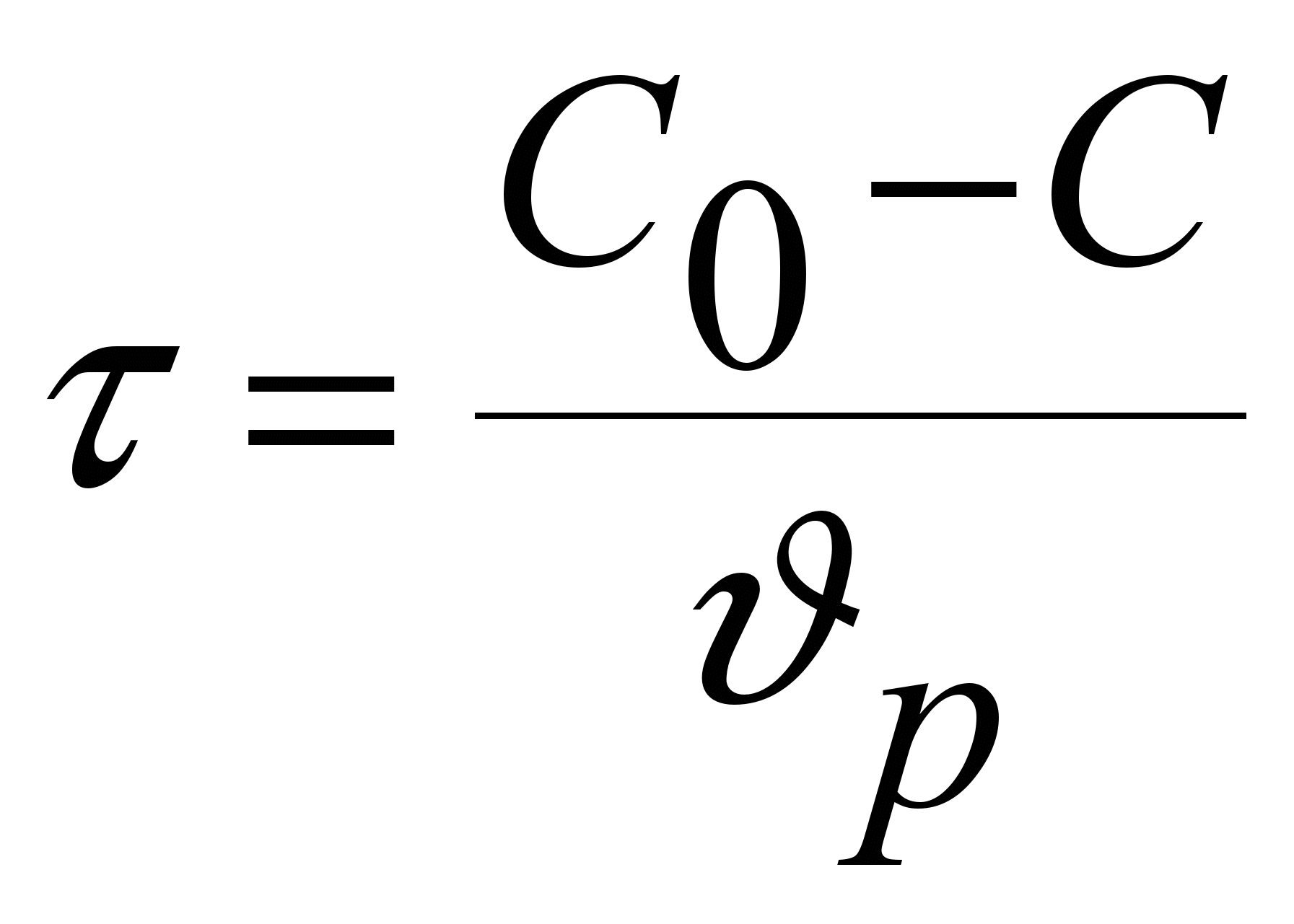
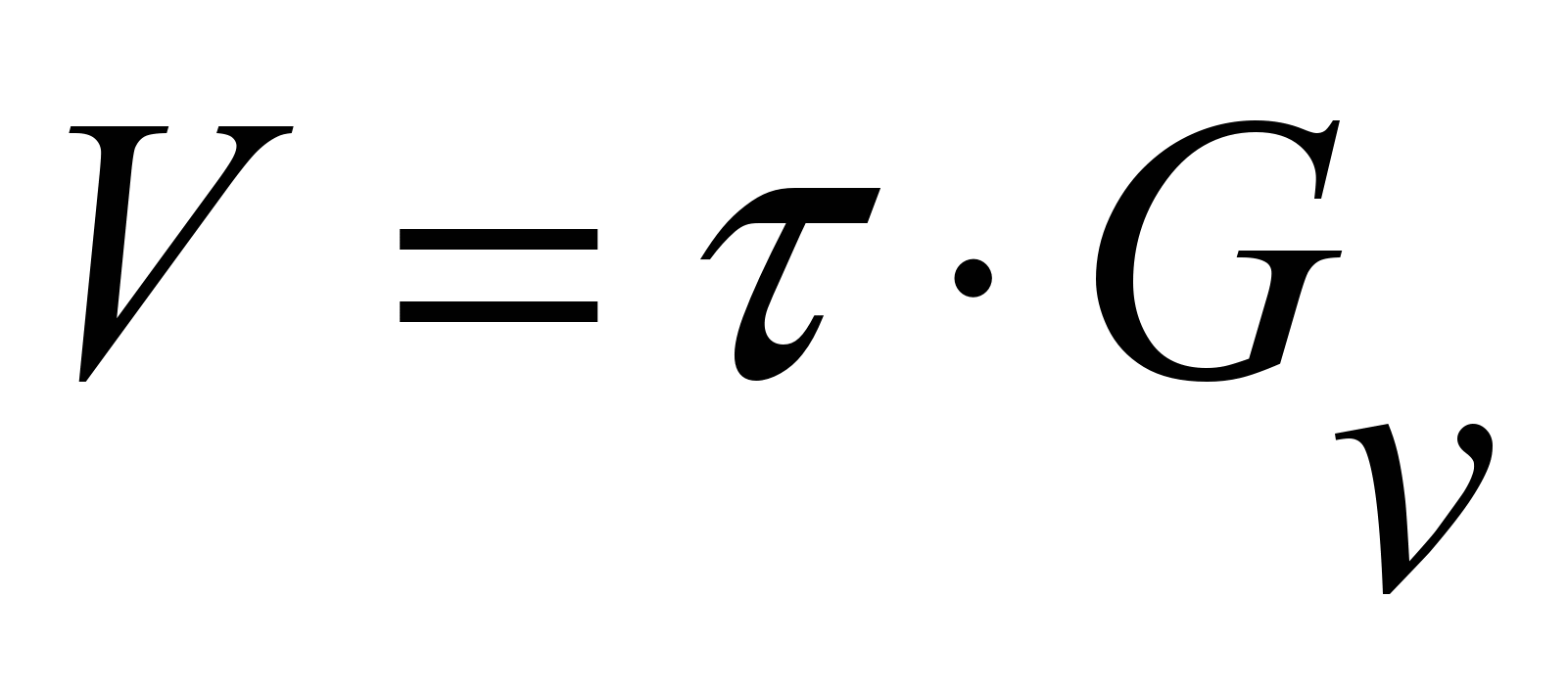
константа скорости прямой реакции k1 = 2\*10-3 м3/(кмоль∙с);

константа равновесия Кр = 9;

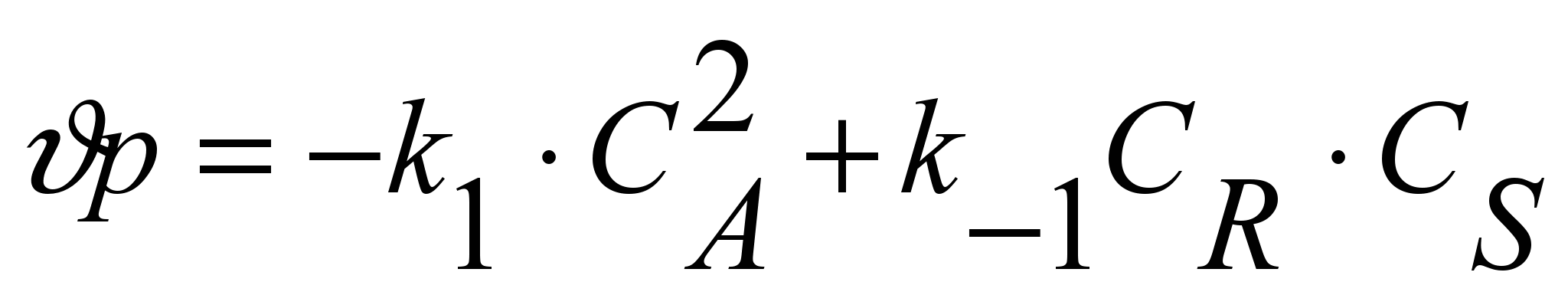
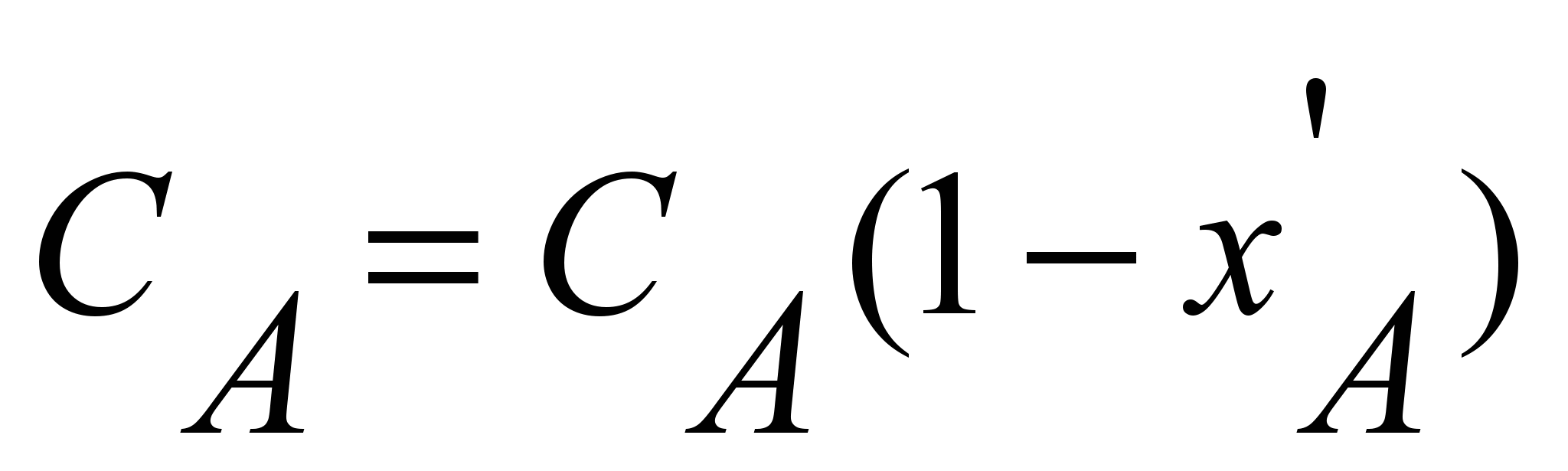
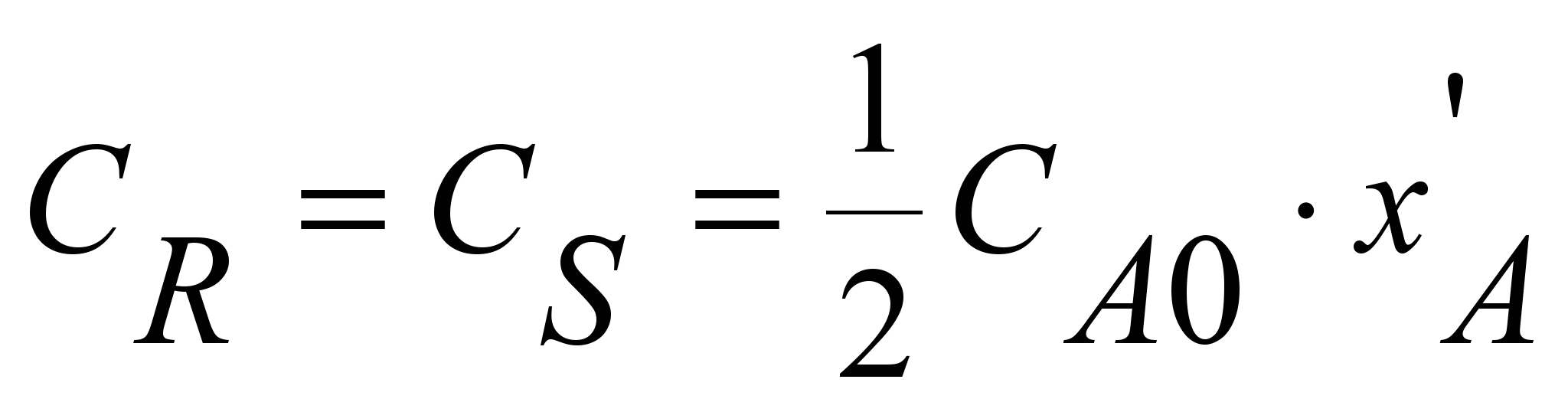
требуемая степень превращения xA = 0,8 от равновесной.

Решение.

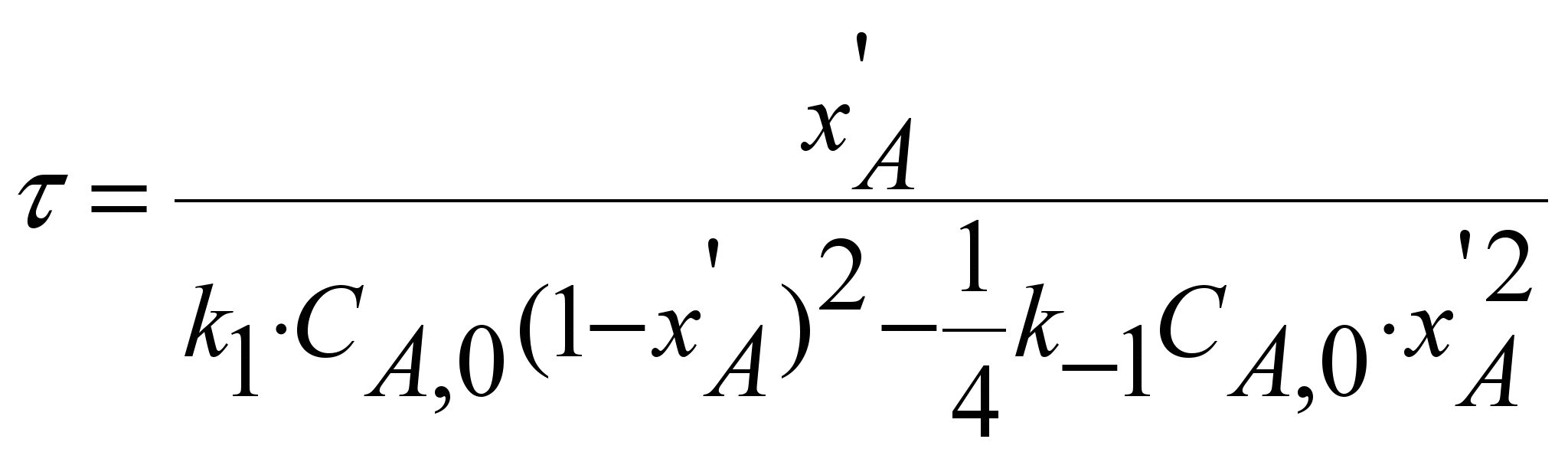
Объем реактора, в котором проводится данная реакция, определяем из базового уравнения для РИС-Н:

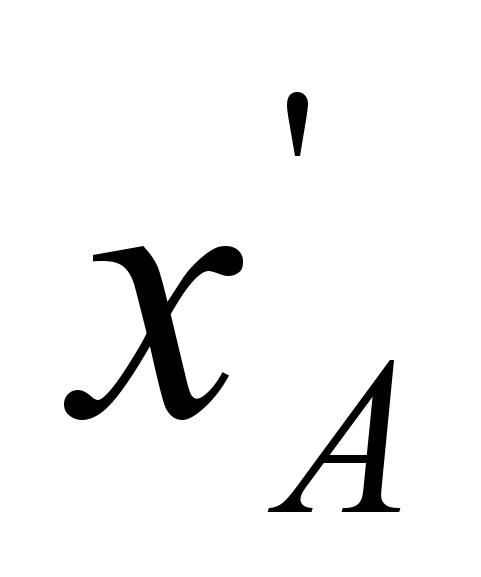
;  .

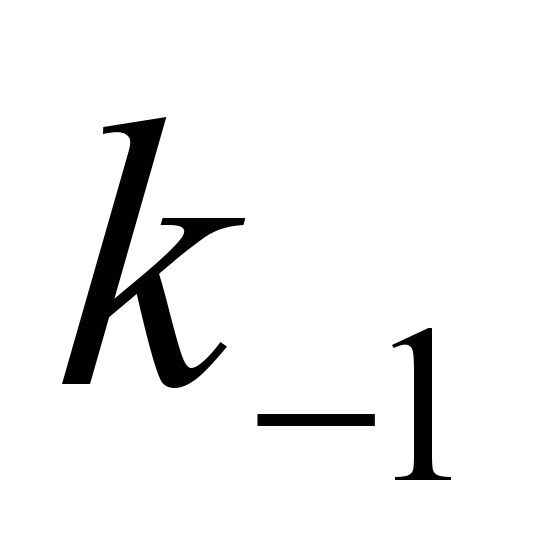
Так как реакция обратимая, составляем кинетическую модель для данной реакции:

 т.к.  и  .

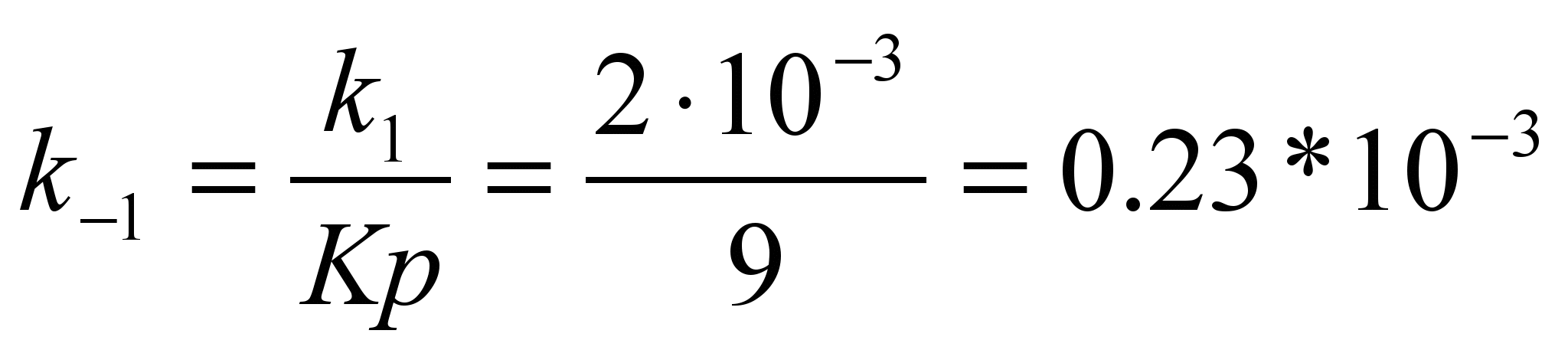
С учетом вышеизложенного выражаем время реакции:

,

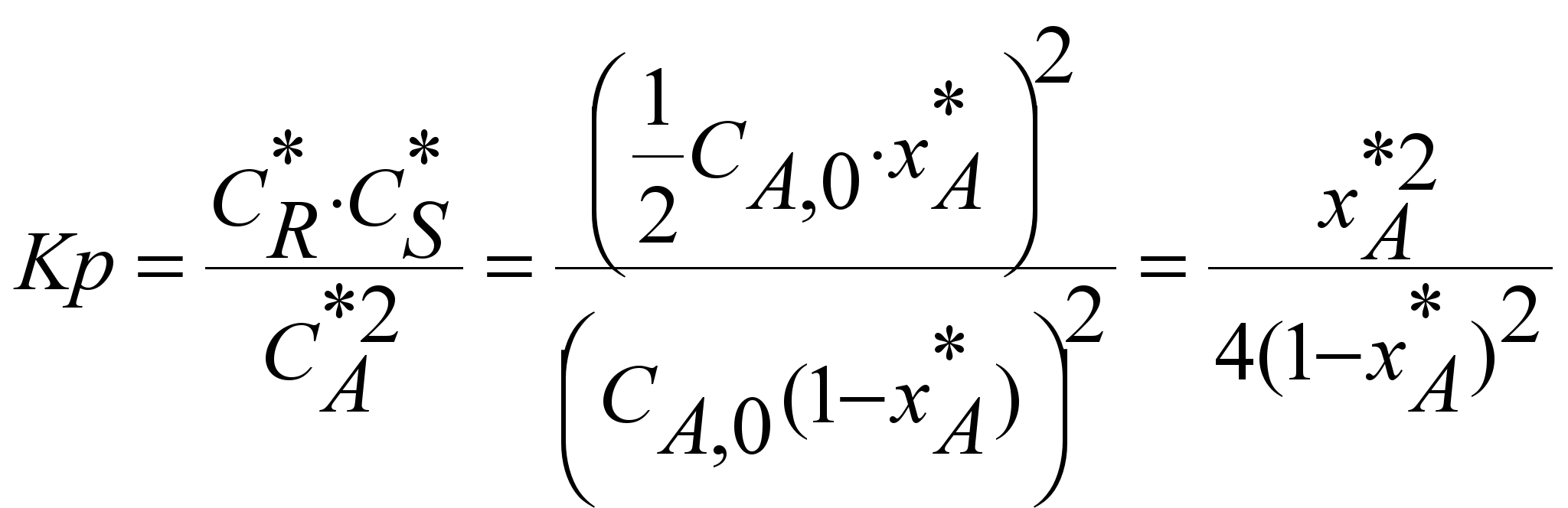
где  - фактическая степень превращения;

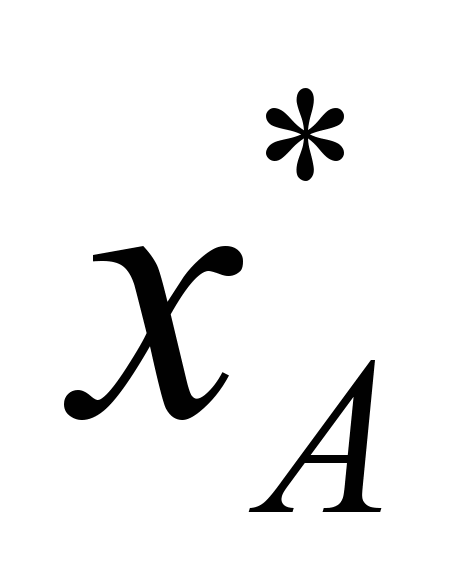
- константа скорости обратной реакции.

В этом уравнении неизвестными величинами являются фактическая степень превращения и константа скорости обратной реакции. Константу скорости обратимой реакции определяем из уравнения:

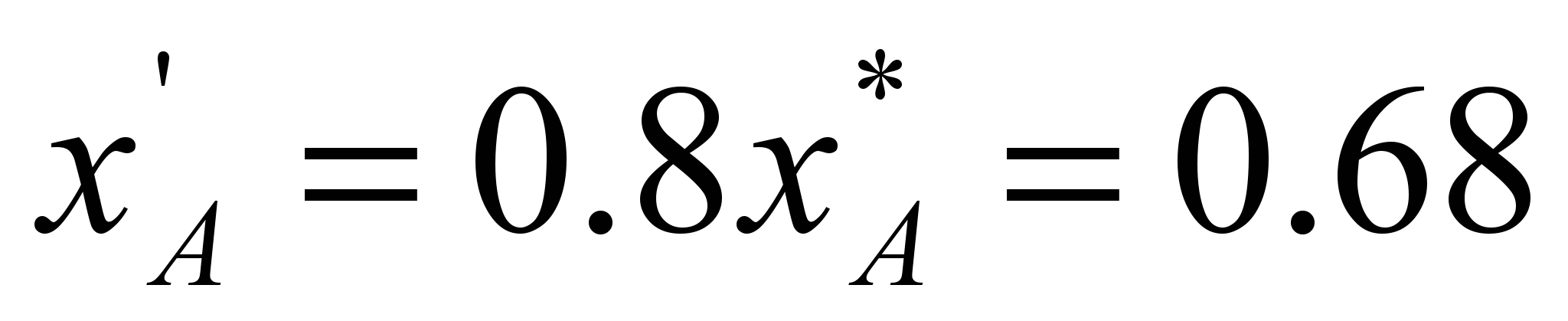
.

Для определения равновесной степени превращения используем константу равновесия, выраженную через концентрации веществ:

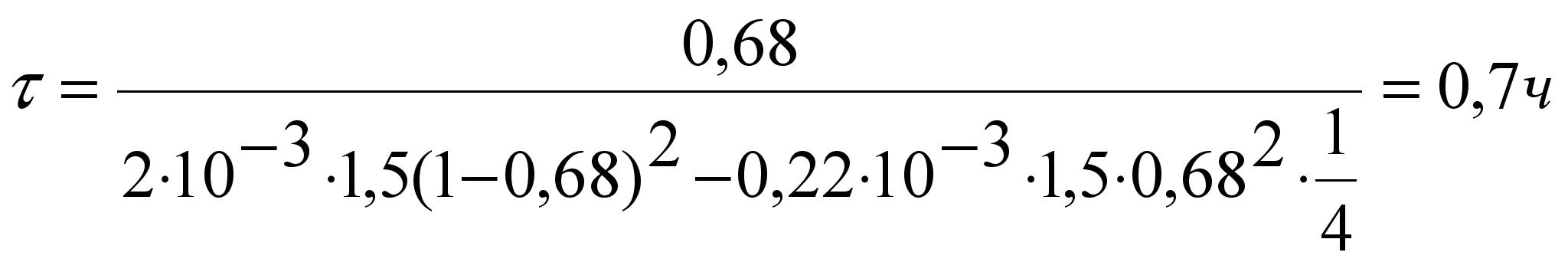
,

где  -равновесная степень превращения.

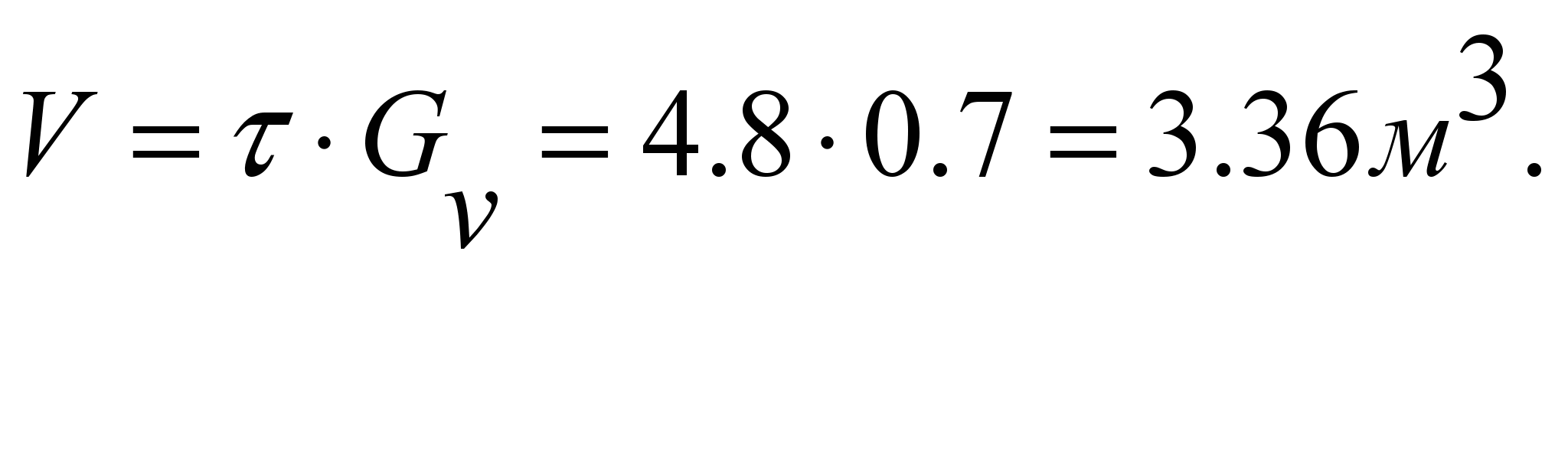
Подставляя в данное выражение значения константы равновесия, получаем . Так как требуемая степень превращения равна 0,8, то фактическая степень превращения будет равна:

.

Тогда время реакции будет равно:

.

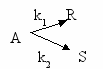
С учетом полученного времени реакции объем реактора составит:



Пример 3.

Определить объем реактора смешения и достигаемую степень превращения вещества А при условии, что производительность (П) по продукту R составляет 4,8 кмоль/ч.

Дано:

Реакция

объемный расход исходного вещества GV = 100 л/мин.;

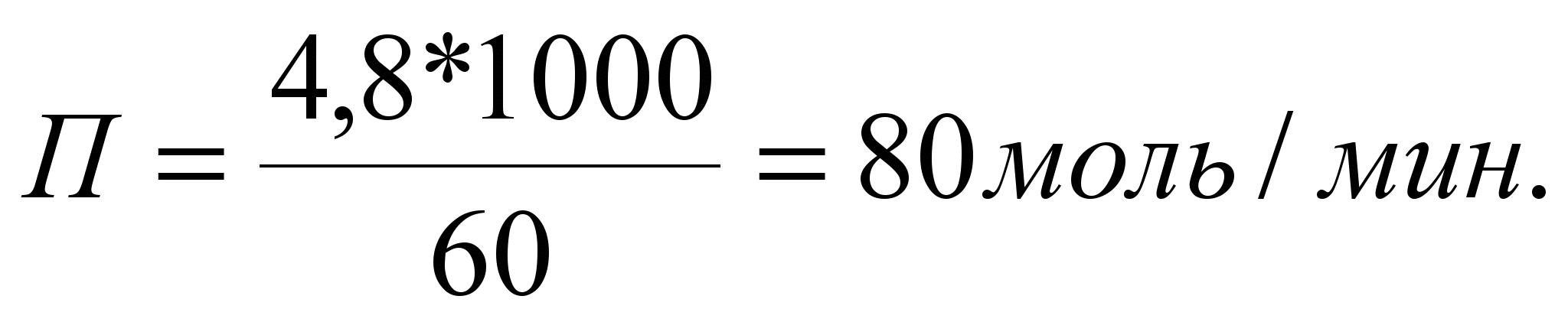
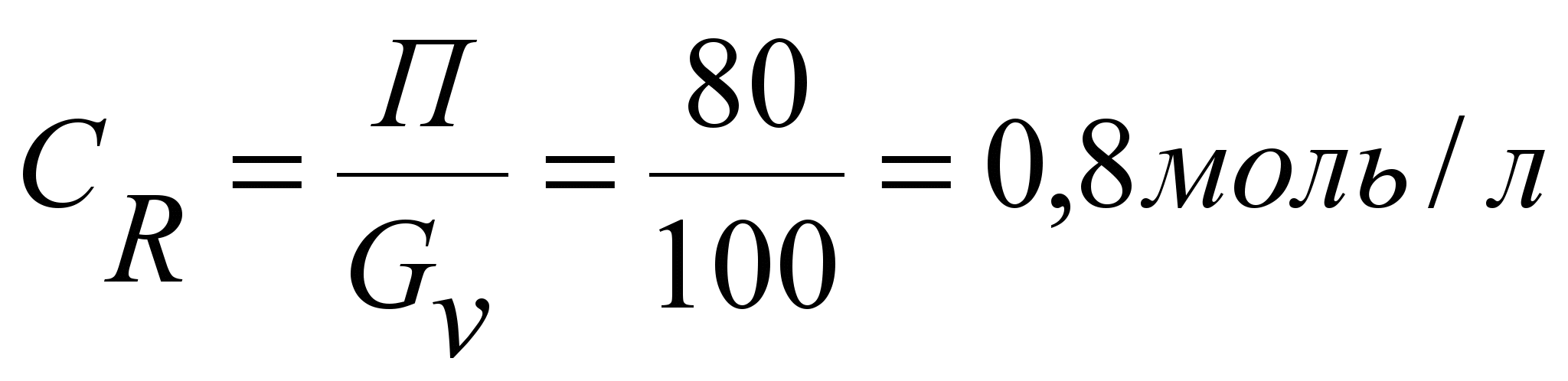
начальная концентрация исходного вещества СА0= 1,6 моль/м3;

константа скорости прямой реакции k1 = 0,28 л/(моль\*мин.);

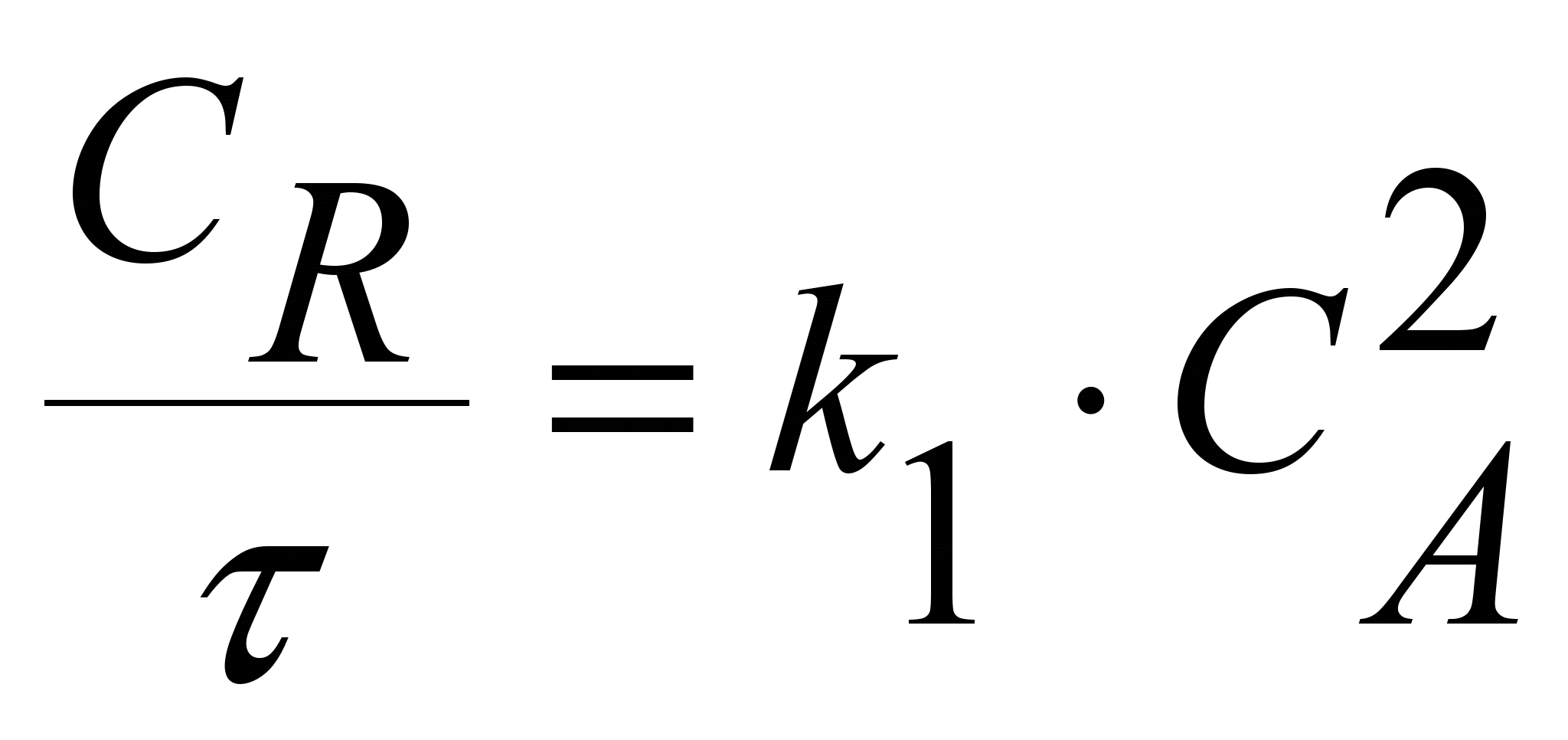
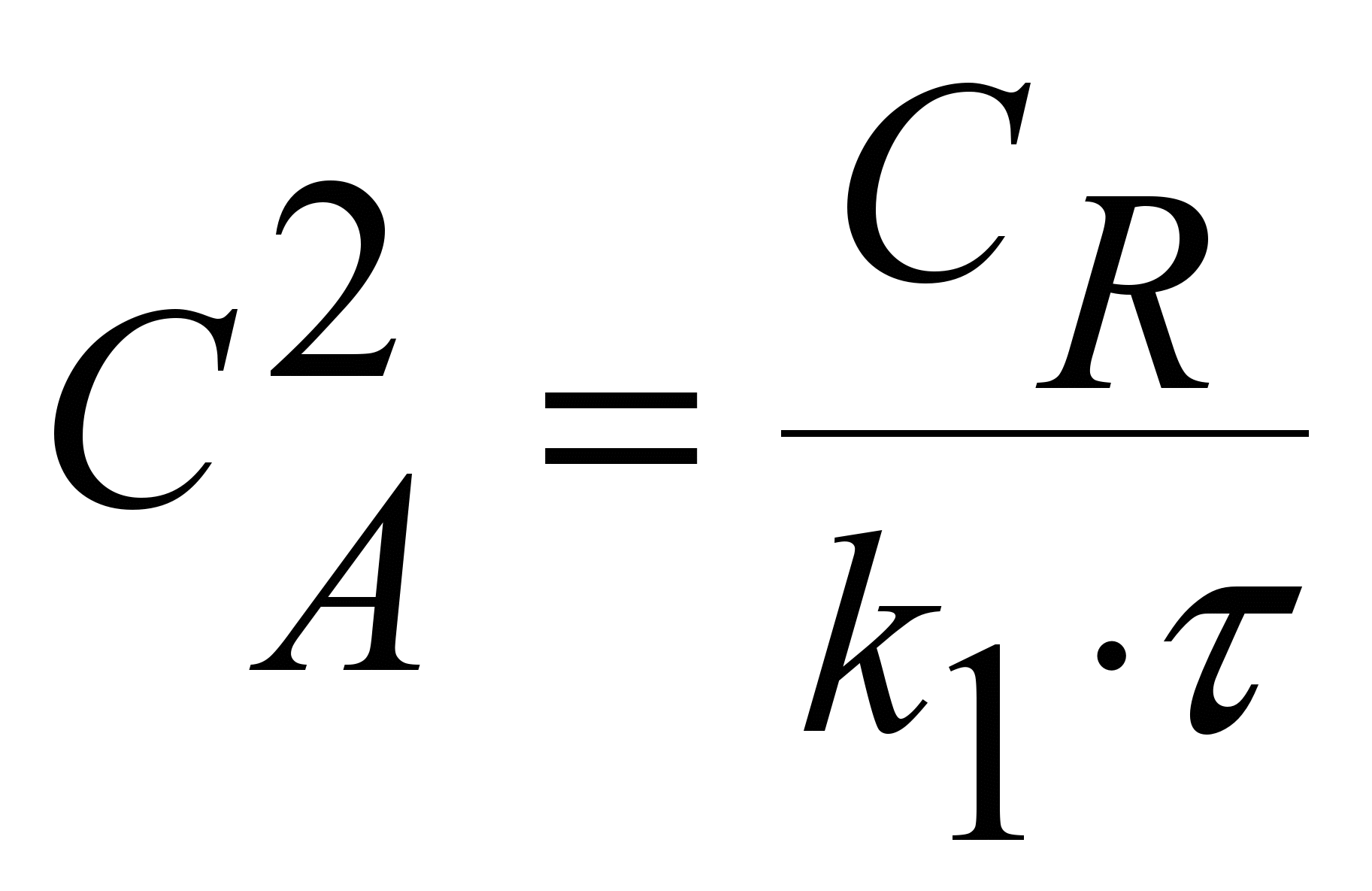
константа скорости обратной реакции k2 = 0,12 л/(моль\*мин.).

Решение.

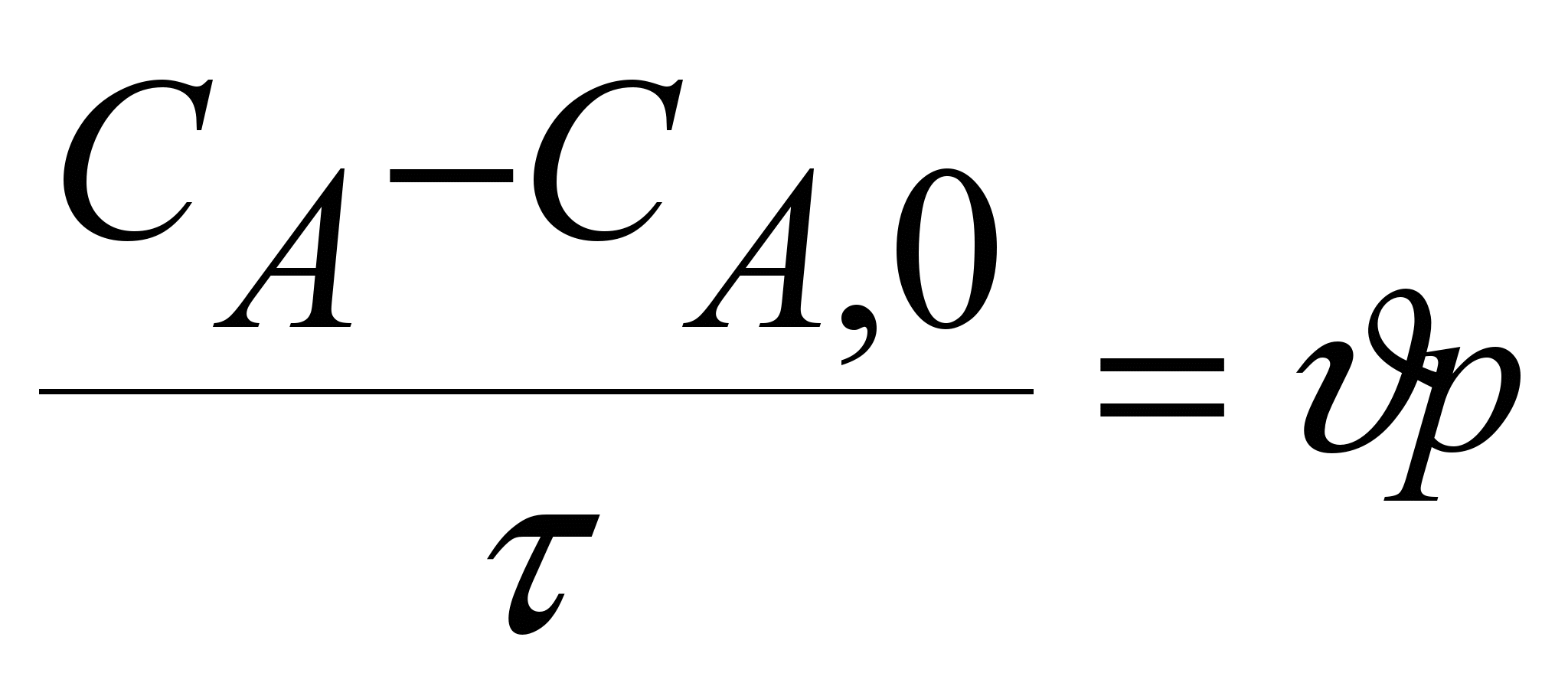
По заданной производительности определяем концентрацию по продукту R. Для этого переведем производительность в моль/мин.

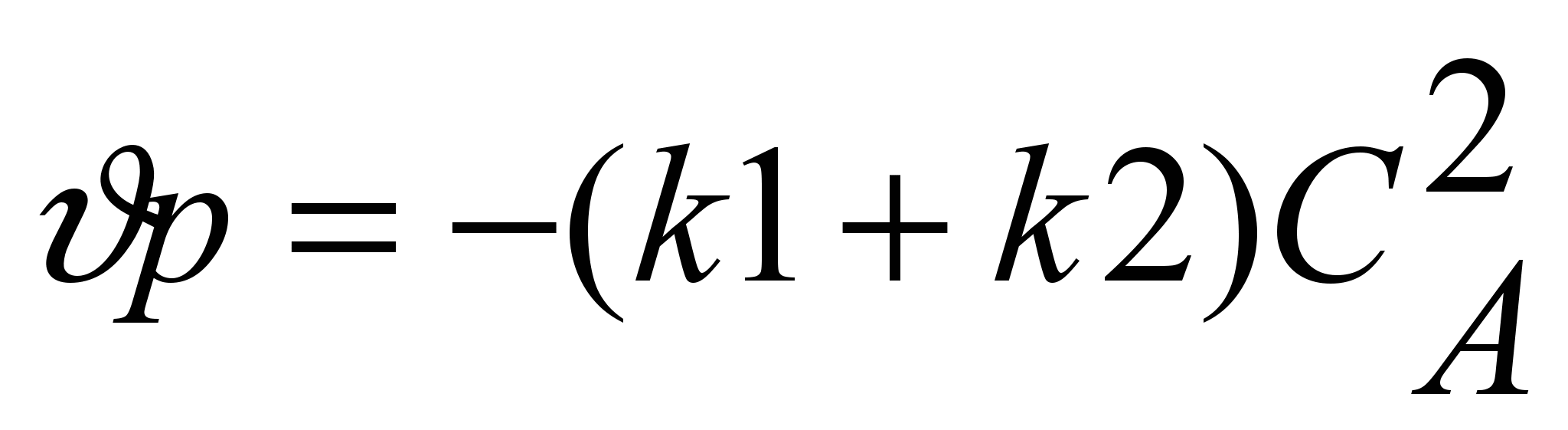
 

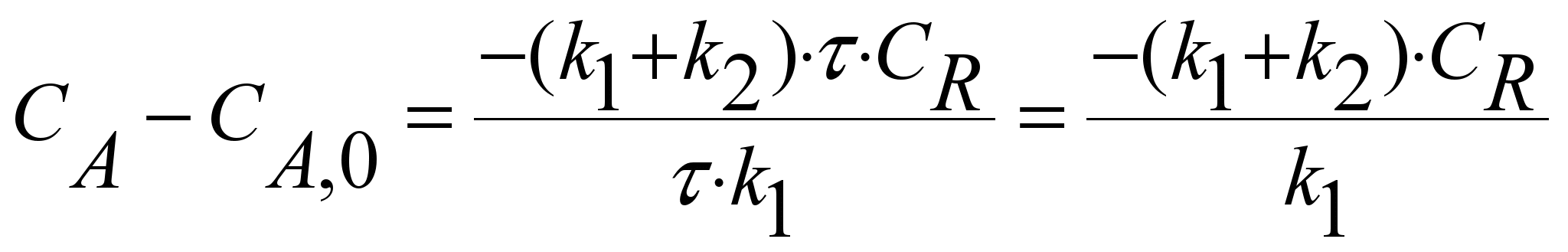
Скорость изменения концентрации продукта R в реакторе смешения можно выразить так:

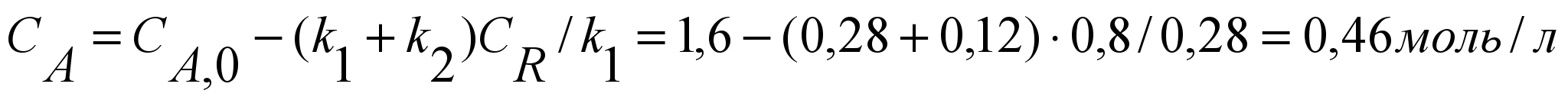
 или  .

Из базового уравнения для РИС-Н получаем:

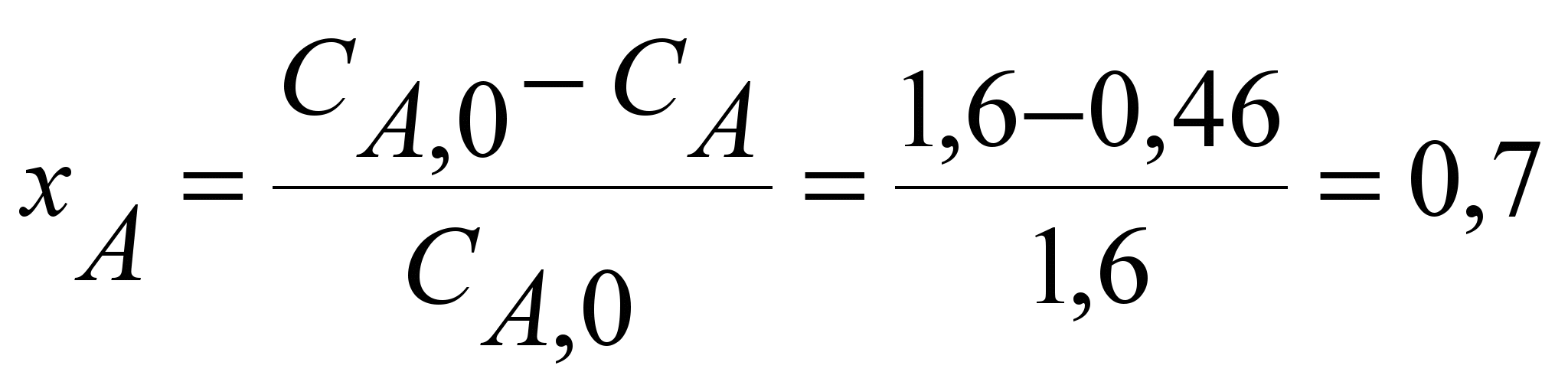


где  ;

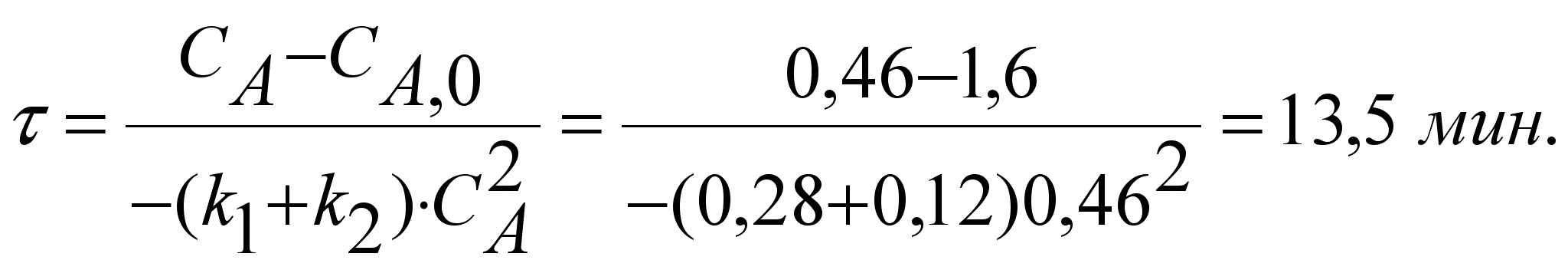
; следовательно,

.

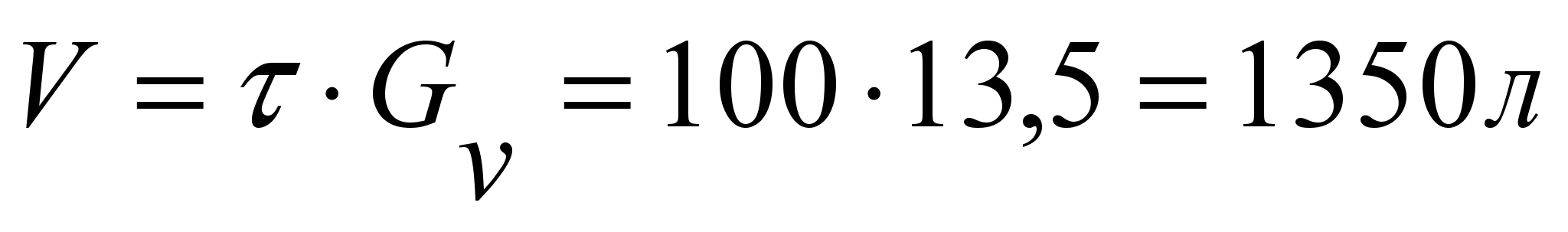
Определяем степень превращения по уравнению:

.

Определяем время пребывания исходя из базового уравнения:



Определяем объем реактора:

.

Задачи для самостоятельного решения

Жидкофазная реакция типа А ? 2S имеет константу скорости, равную 4.5 ч-1.Объемный расход исходного вещества с концентрацией 0.8 моль/л составляет 14,5 м3/ч. Рассчитать суточную производительность по продукту R для реактора идеального смешения объемом 3 м3.

В непрерывном реакторе смешения проводится последовательная реакция типа А?R?S с константами скоростей к1=0,5 ч-1 и к2=0,8 ч-1. Исходная концентрация вещества А равна 5 кмоль/м3. Продукты R и S на входе в реактор отсутствуют. Рассчитать необходимый объем реактора смешения для максимального выхода целевого продукта R, степень превращения исходного реагента, селективность и выход по целевому продукту, если объемный расход составляет 2,4 м3/ч.

Процесс описывается последовательной реакцией типа А?R?S с константами скоростей к1=0,12 л/(моль/мин) и к2 = 0,8 л/(моль/мин). Объемный поток вещества А равен 3,6 м3/ч. Концентрация вещества А на входе в реактор составляет 3,4 моль/л, а степень его превращения – 0,48. Определить концентрации веществ R и S на выходе из реактора и объем реактора смешения.

Процесс описывается последовательной реакцией типа А?R?S с константами скоростей к1= 0,24 л/(моль/мин) и к2 = 0,18 л/(моль/мин). Объемный поток вещества А равен 3,6 м3/ч. Процесс проводится в реакторе смешения объемом 240 л. Концентрация вещества А на входе в реактор составляет 3,4 моль/л. Определить концентрации всех веществ на выходе из реактора, степень превращения вещества A и селективность по продукту R.

Процесс описывается последовательной реакцией типа А?R?S с константами скоростей k1= 0,18 л/(моль/мин) и k2 = 0,06 л/(моль/мин). Объемный поток вещества А равен 40 л/мин. Процесс проводится в реакторе смешения объемом 260 л. Концентрация вещества А равно 2,4 моль/л. Определить производительность реактора по продукту R, степень превращения вещества A и селективность по продукту R.

Процесс описывается реакцией типа А + В ? R с константой скорости к = 0.28 л/(моль/мин). Объемные потоки вещества А с концентрацией 1,6 моль/л и вещества В с концентрацией 2,0 моль/л равны 100 л/мин. Процесс проводится в реакторе смешения объемом 1,2 м3. Концентрация вещества А на входе в реактор составляет 3,4 моль/л. Определить производительность реактора по продукту R.

Процесс описывается реакцией типа А + В ? R с константой скорости к = 0,54 л/(моль/мин). Объемные потоки вещества А с концентрацией 1,8 моль/л и вещества В с концентрацией 2,7 моль/л равны 100 и 80 л/мин. Производительность реактора по продукту R составляет 8,64 кмоль/ч, концентрация продукта R на выходе - 0,8 моль/л. Определить требуемый объем реактора смешения

Процесс описывается реакцией типа 2А ? R с константой скорости к = 0,64 л/(моль/мин). Заданная степень превращения вещества А составляет 0,8, исходная концентрация вещества А -1,8 кмоль/м3, производительность реактора по продукту R – 3,8 кмоль/ч. Определить требуемый объем реактора смешения.

Процесс описывается реакцией типа А ? 2R с константой скорости к = 0,24 мин-1. Заданная степень превращения вещества А составляет 0,8, исходная концентрация вещества А - 1,8 кмоль/м3, производительность реактора по продукту R – 5,8 кмоль/ч. Определить требуемый объем реактора смешения и объемный расход исходной смеси.

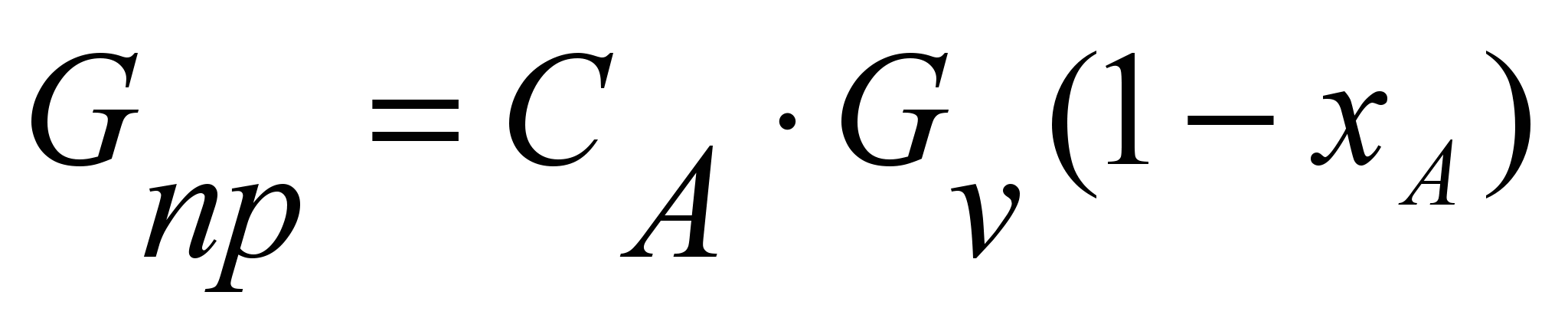
Процесс описывается обратимой реакцией первого порядка типа 2АR с константами скоростей: прямой k1 = 61,4 м3/(кмоль/ч) и обратной k2 = 2,4 ч-1 реакций. Заданная степень превращения вещества А составляет 0,8, исходная концентрация вещества А -1,4 моль/л. Объем реактора смешения равен 0,22 м3. Определить производительность реактора по продукту R за час.

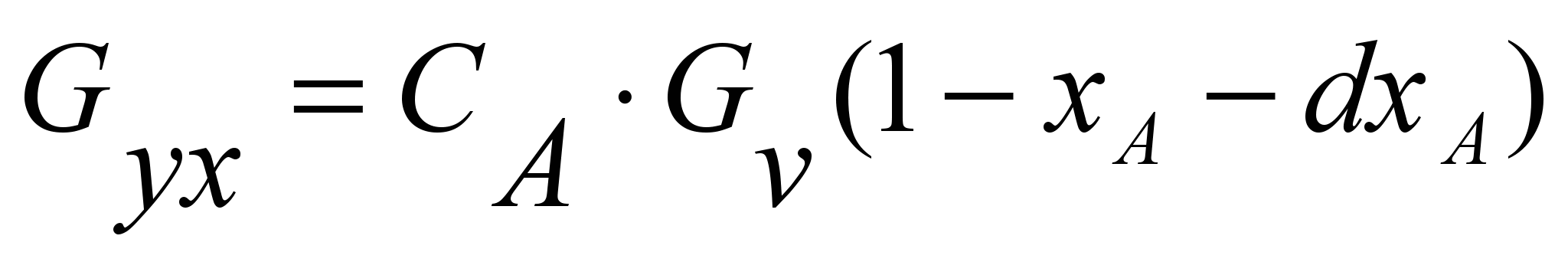
1.2. Реактор идеального вытеснения

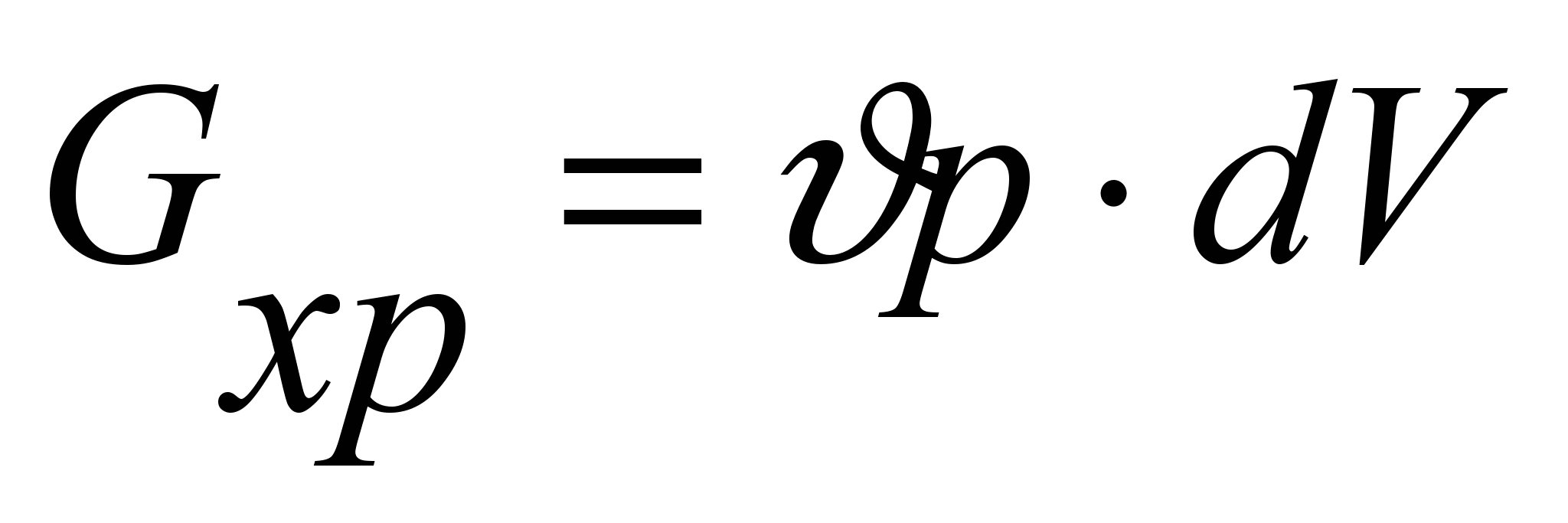
Реактор идеального вытеснения характеризуется тем, что любой элемент объема реагирующей среды движется по высоте (длине) реактора параллельно другим элементам, не смешиваясь с предыдущими и последующими элементами объема.

На рис. 2 схематично показана изменение степени превращения хА, исходных концентраций СА и других параметров в реакторе идеального вытеснения. Материальный баланс такого реактора при Gнач = 0 запишется в виде:

Gпр= Gух+ Gхр (7)

 (8)

 (9)

 (10)

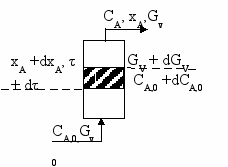
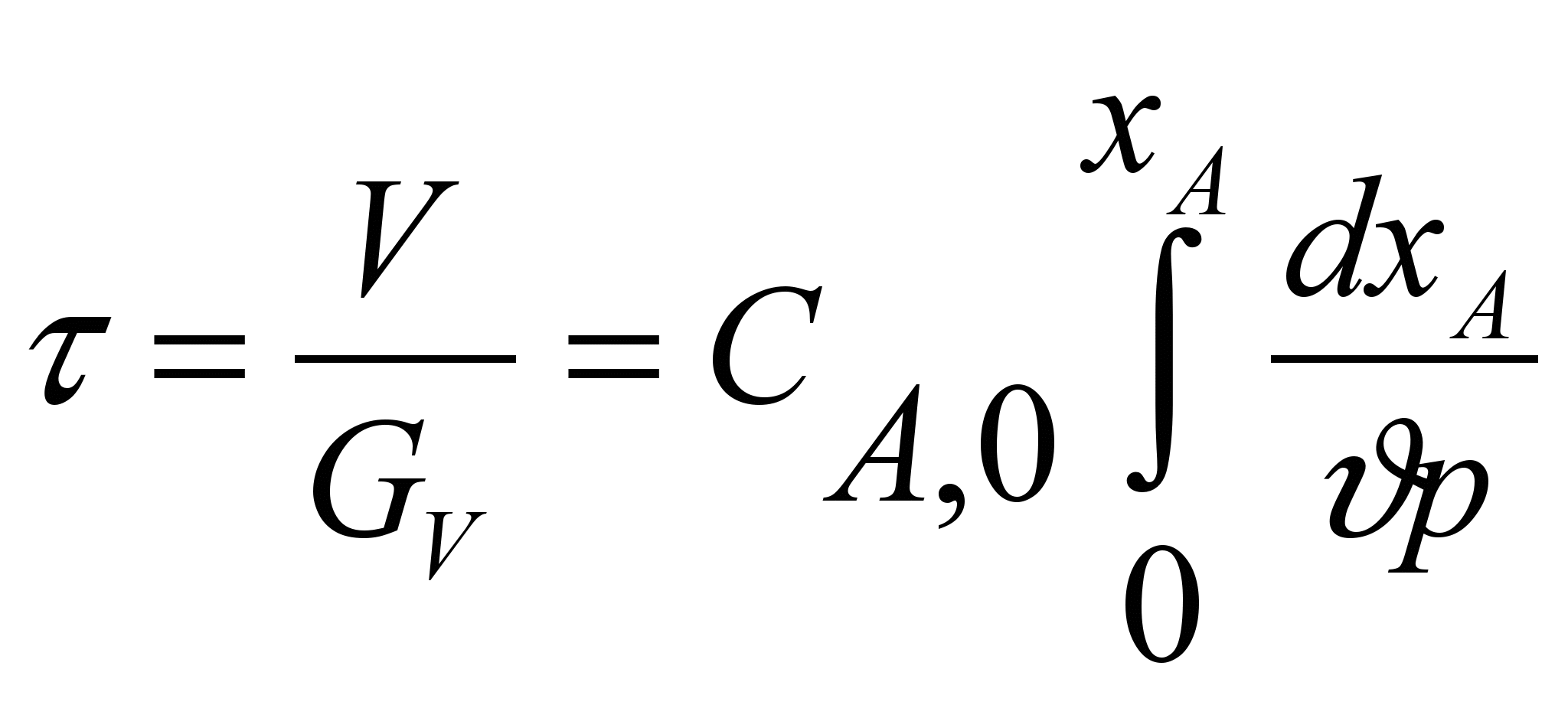


Рис.2. Схема реактора идеального вытеснения.

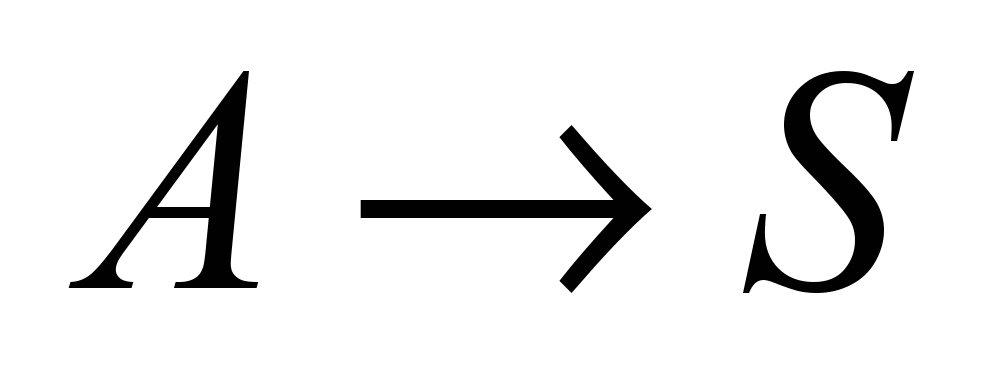
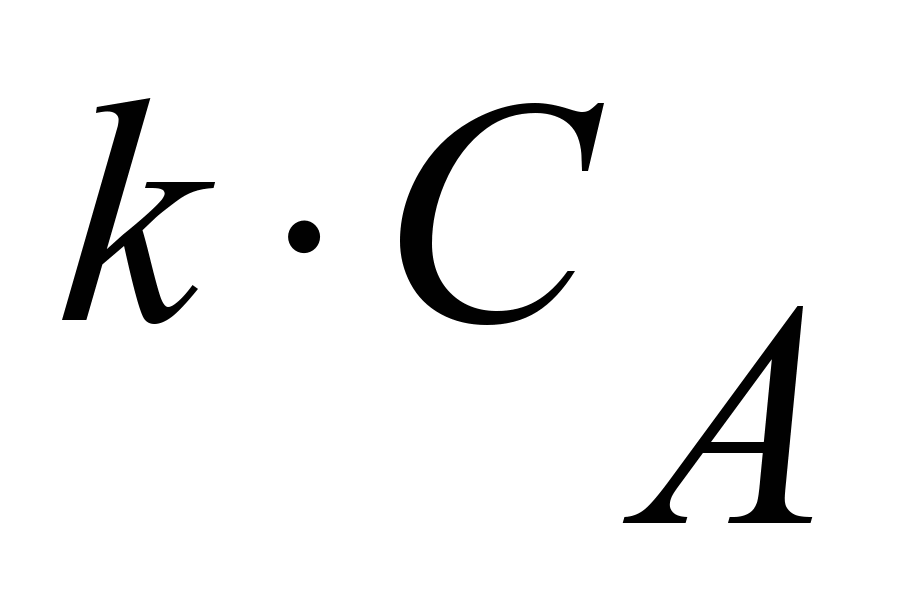
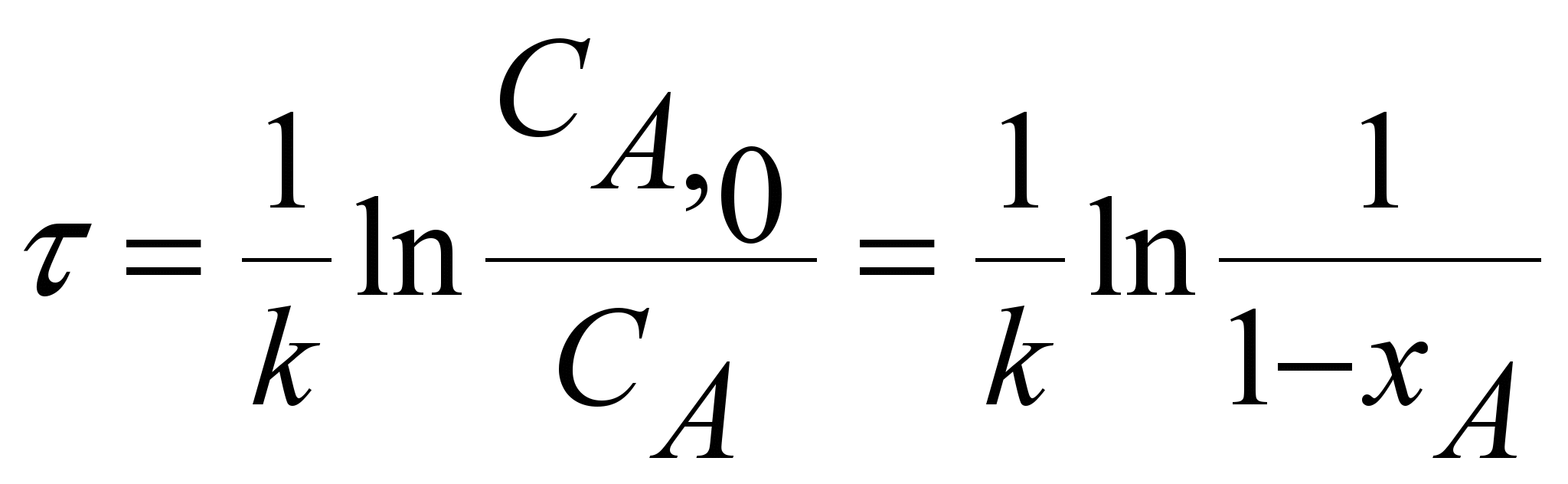
После подстановки значений составляющих материального баланса в уравнение (7) и преобразований получим:

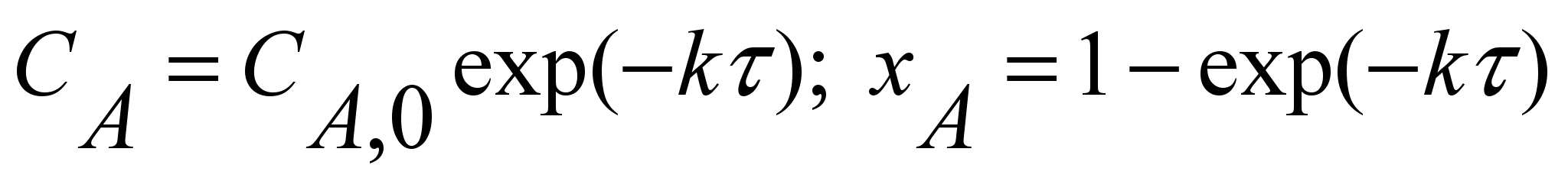
 (11).

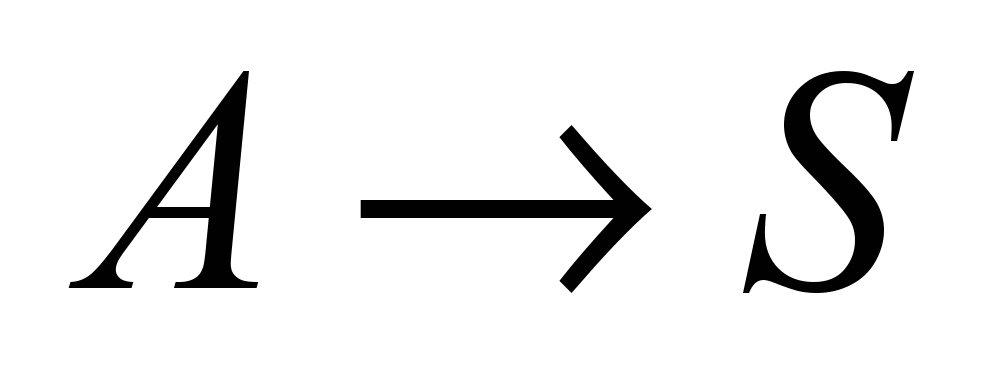
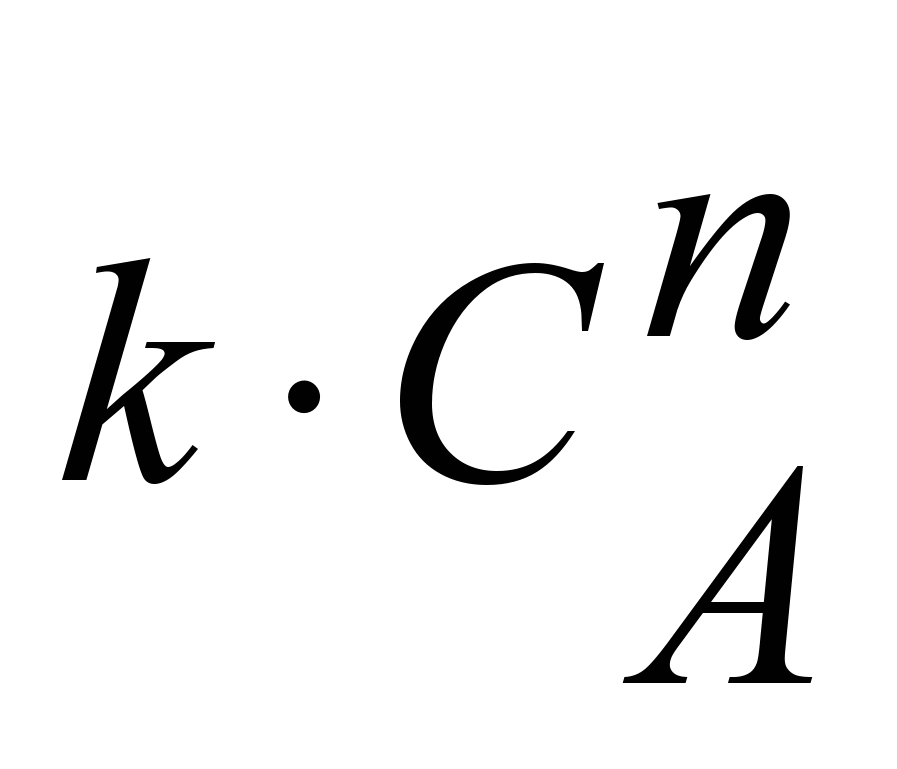
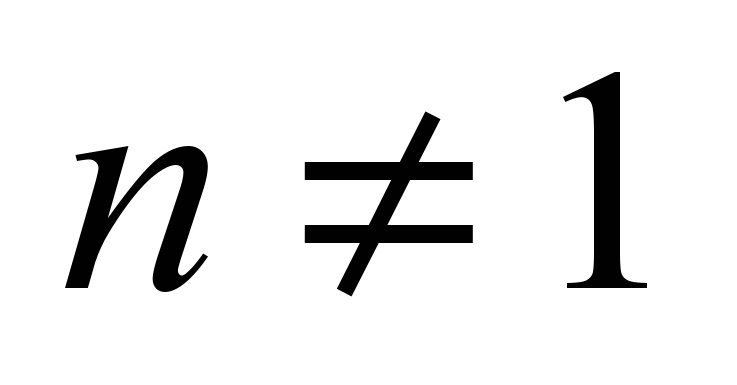
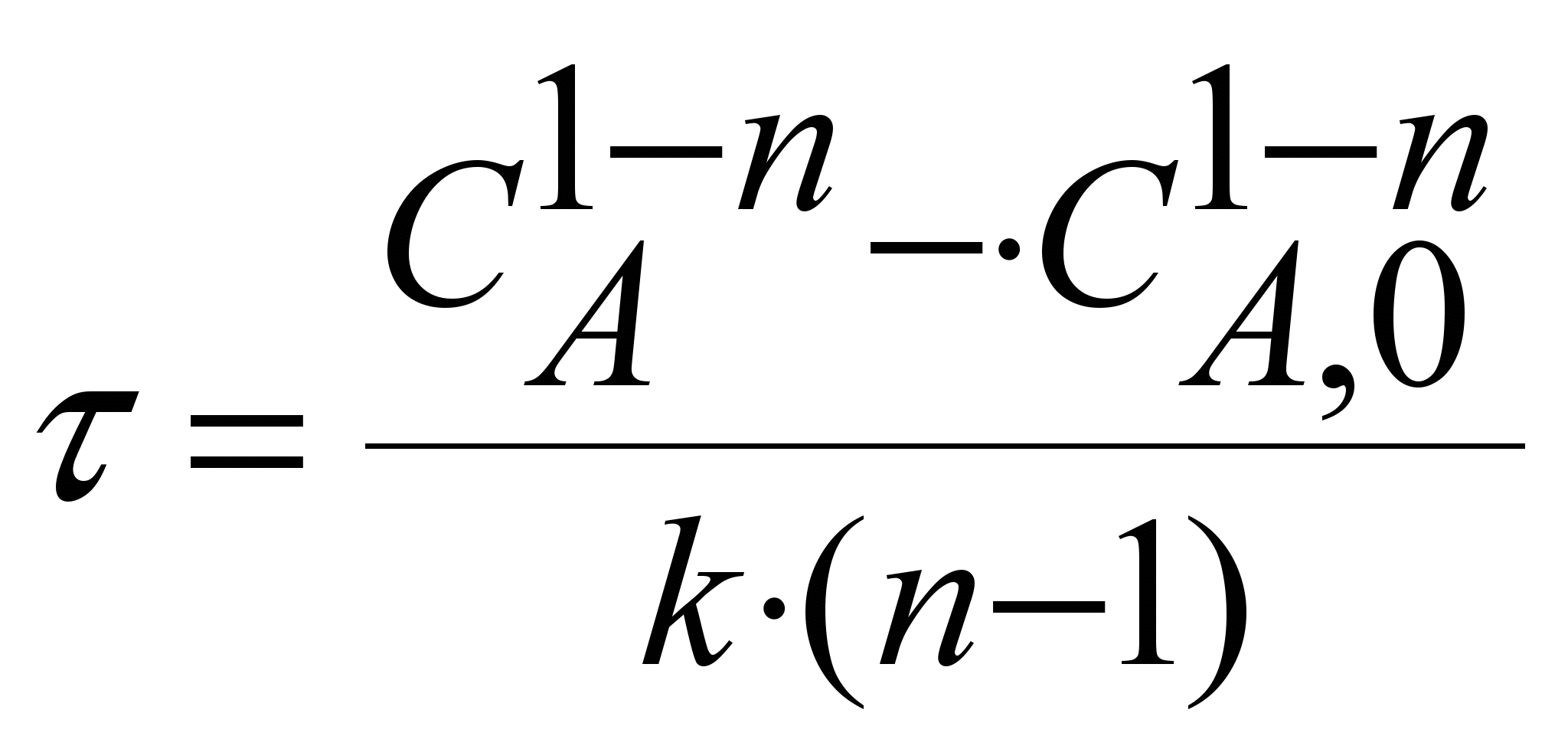
Приведенное уравнение с начальным условием V=0, СА= СА0 для некоторых видов простых химических реакций имеет аналитическое решение. В таблице 2 приведены решения уравнения (11) как расчетные формулы для реактора, работающего в режиме идеального вытеснения при проведении в нем необратимых химических реакций, когда реакционный объем остается постоянным.

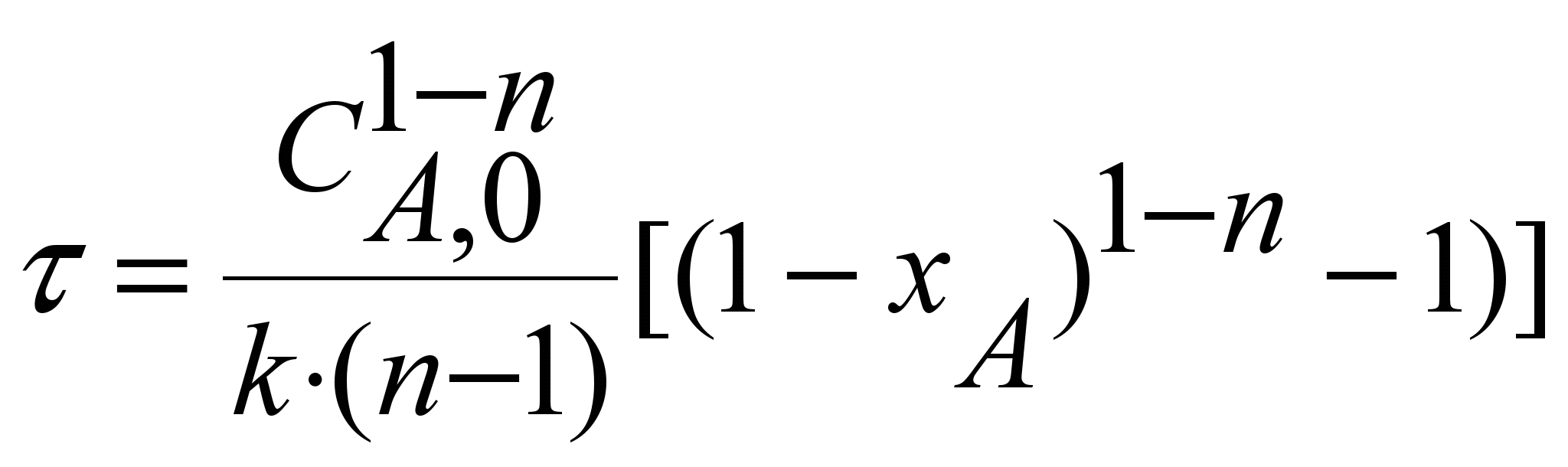
Таблица 2. Расчетные уравнения для реактора идеального вытеснения

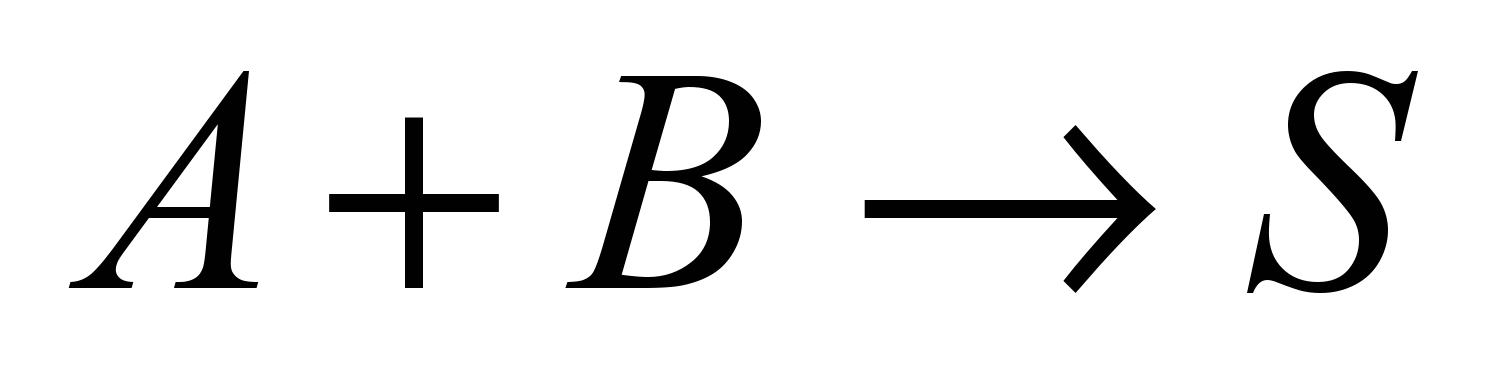
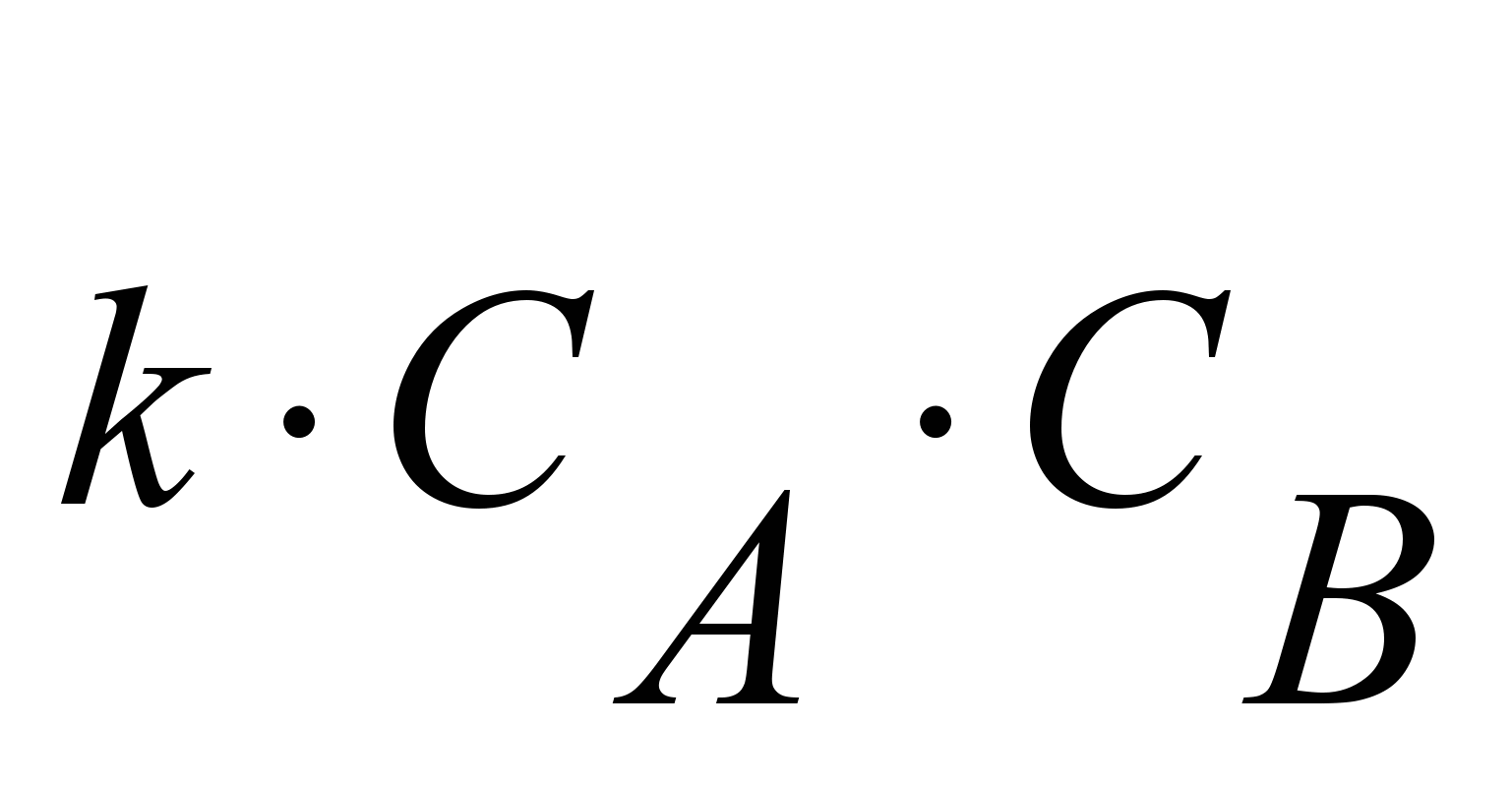
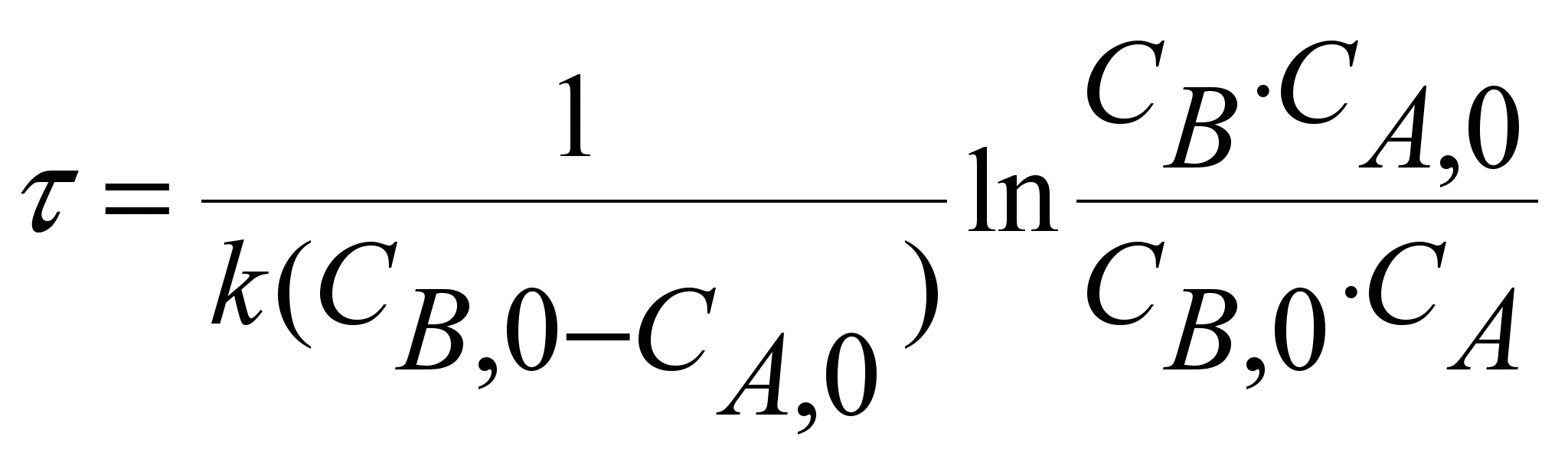
Схема реакции Кинетическая модель Расчетные уравнения

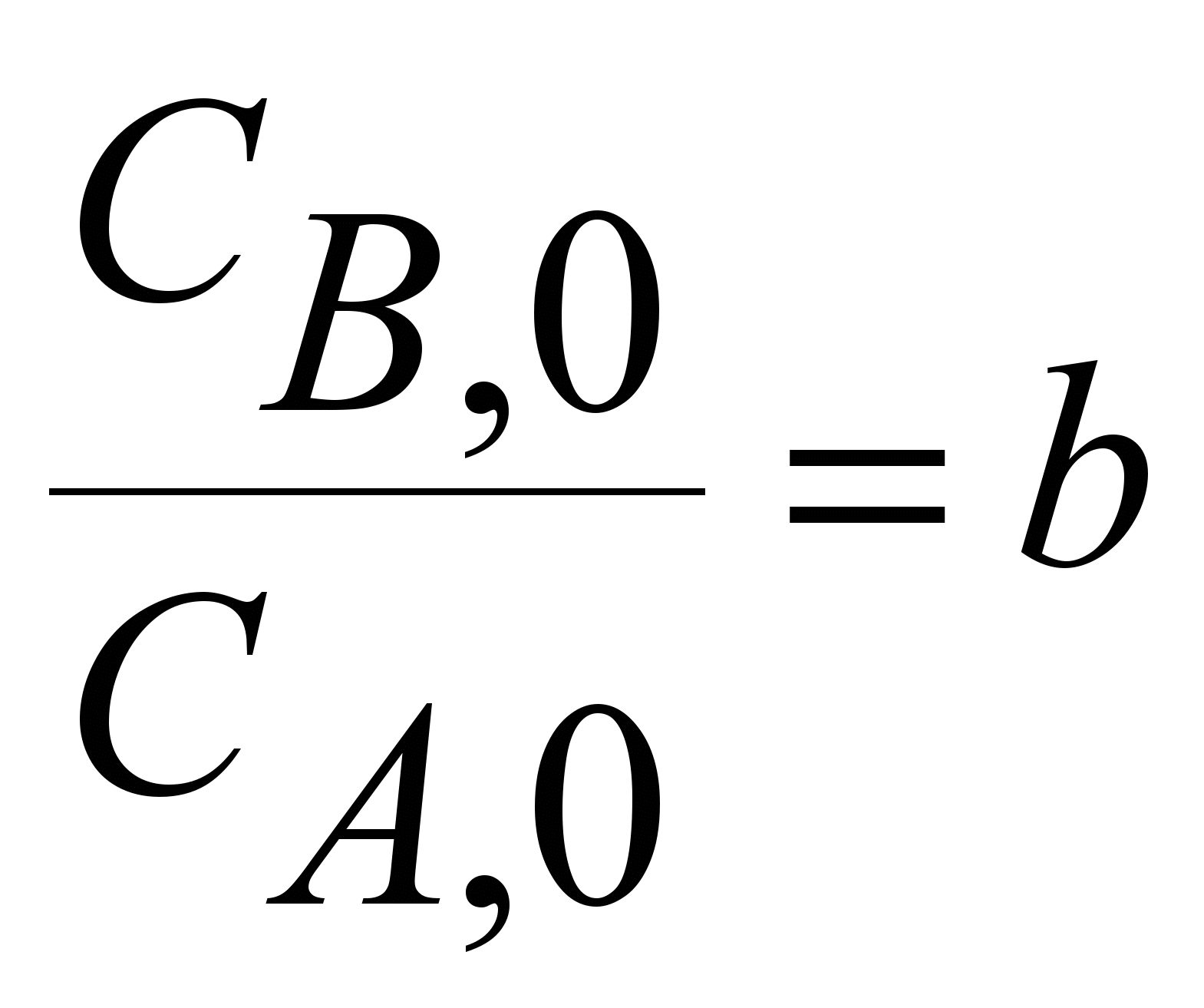
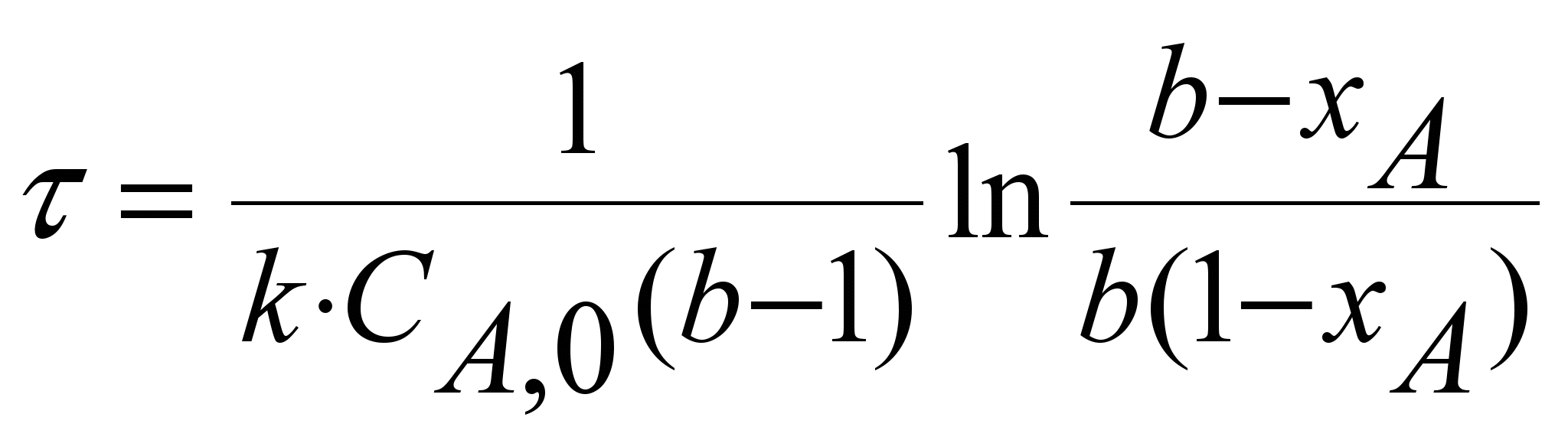
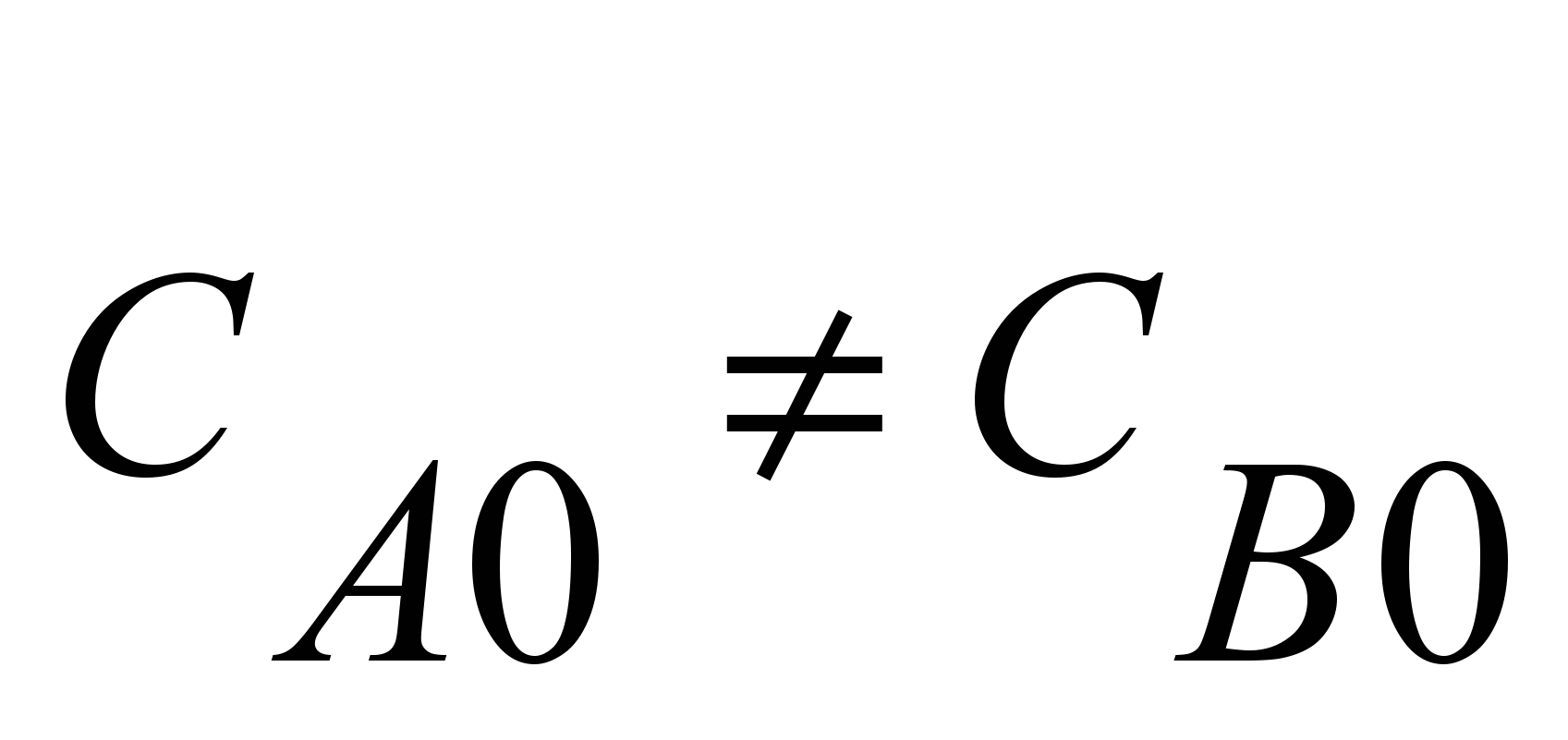
  



 при 



Примеры расчетов.

Пример 4.

Определить объем реактора идеального вытеснения для реакции протекающего без изменения объема реакционной массы.

Дано:

реакция А ? S;

порядок реакции n=1;

объемный расход исходного вещества GV = 30 л/мин;

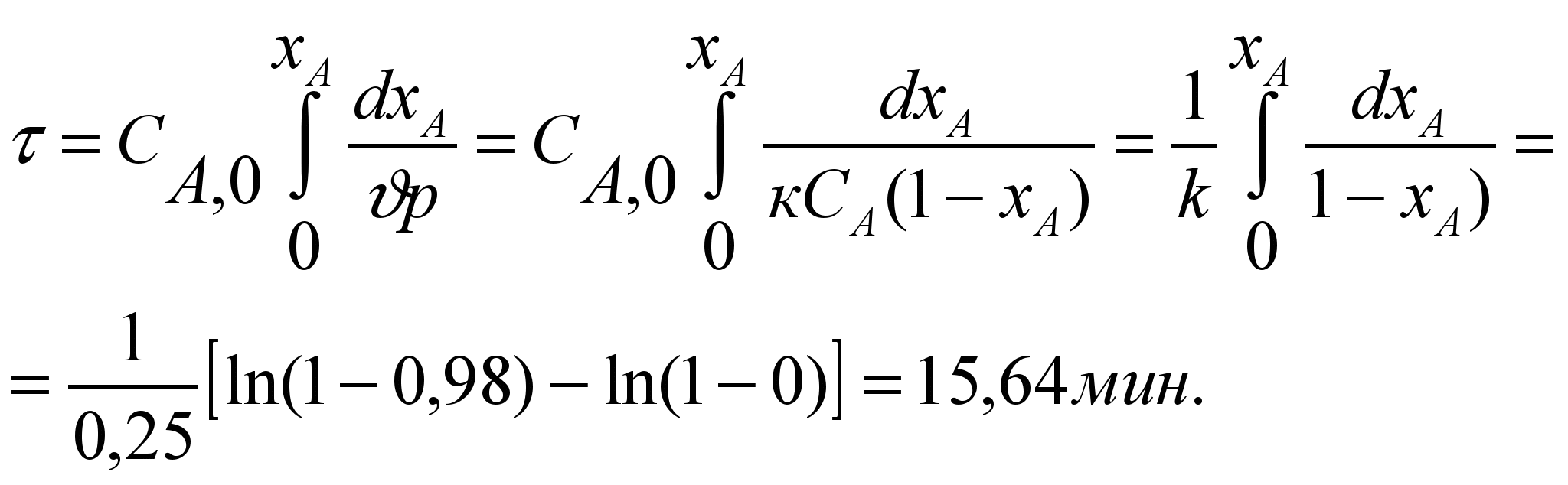
начальная концентрация исходного вещества СА0= 0,2 моль/л;

константа скорости реакции k= 0.25 мин -1;

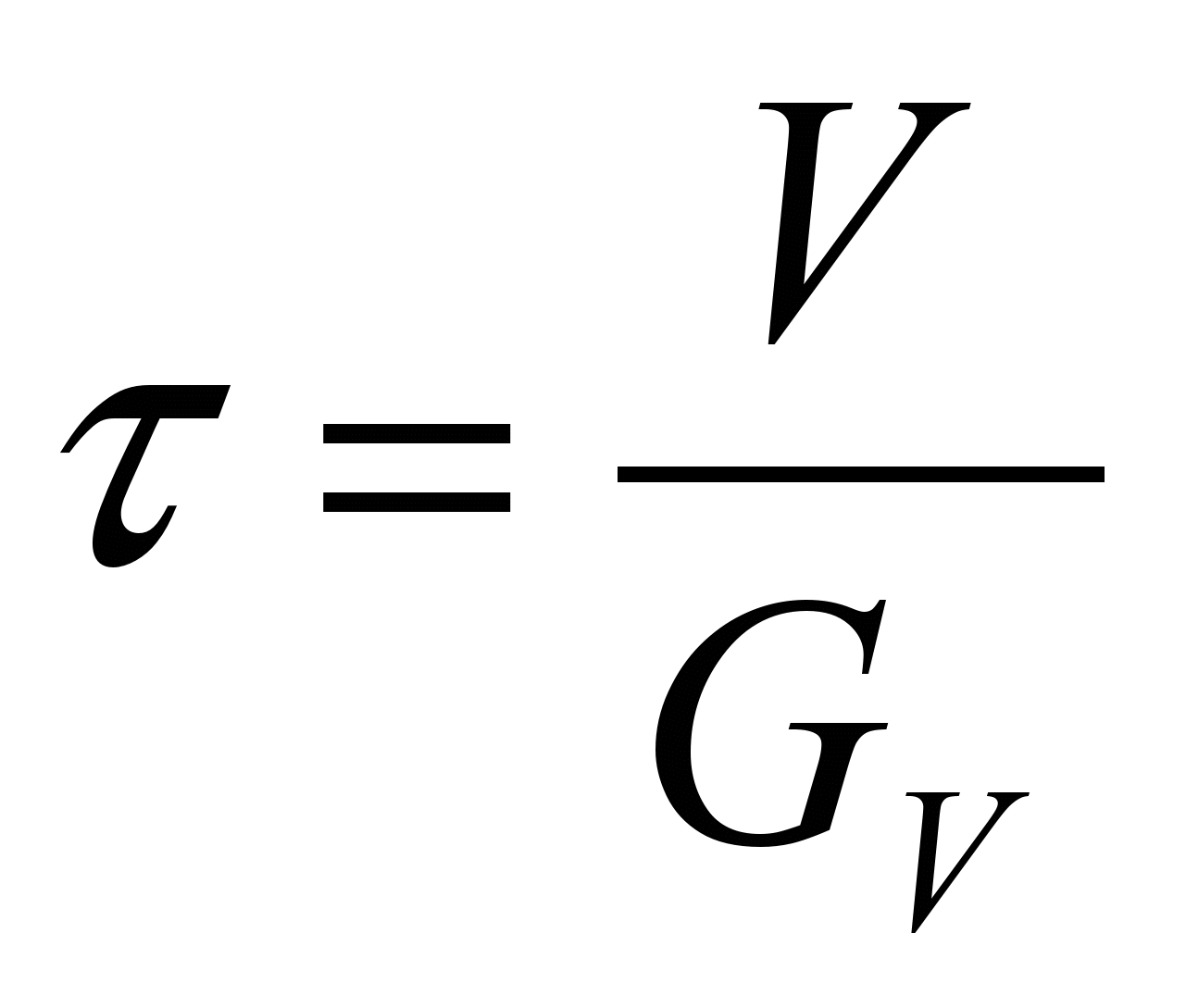
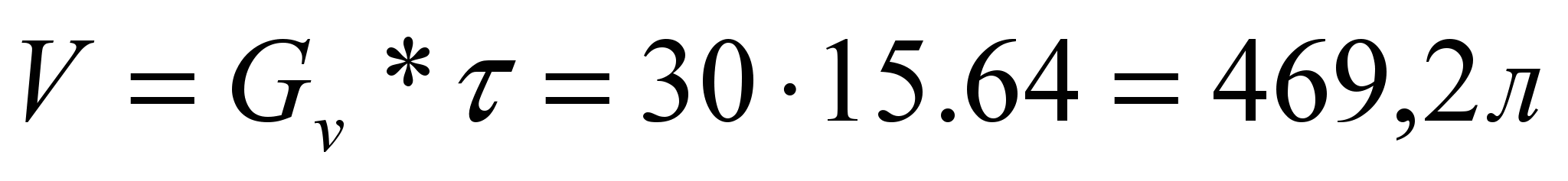
степень превращения xA = 0,82.

Решение.

По базовому уравнению РИВ определяем время реакции:



Рассчитываем объем РИВ:

  .

Пример 5.

Определить производительность реактора по продукту R рассчитать объем реактора идеального вытеснения для полученной производительности, если данная реакция проводиться в РИС-Н.

Дано:

реакция 2А ? R;

порядок реакции n=2;

объемный расход исходного вещества GV = 3,6 м3/ч;

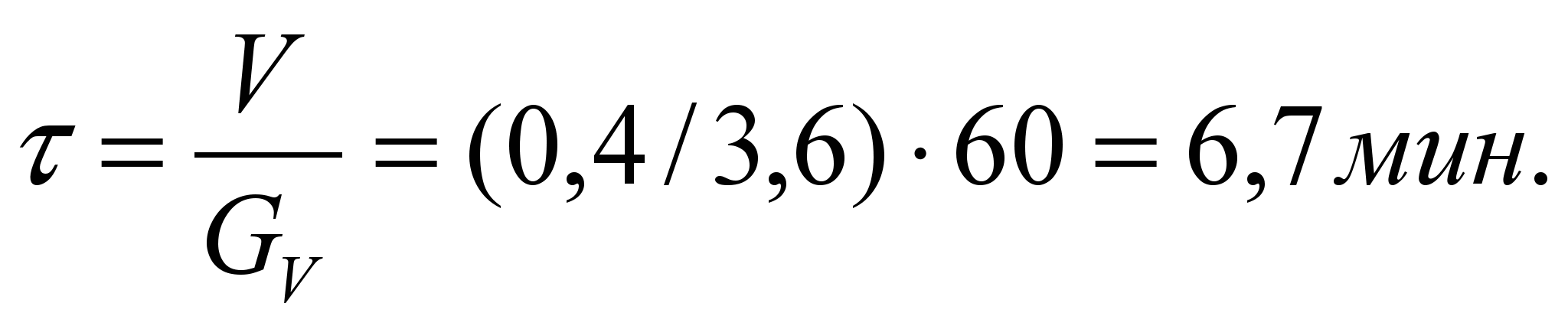
начальная концентрация исходного вещества СА,0= 0,5 кмоль/м3;

константа скорости реакции k= 2,3 л/(моль∙мин);

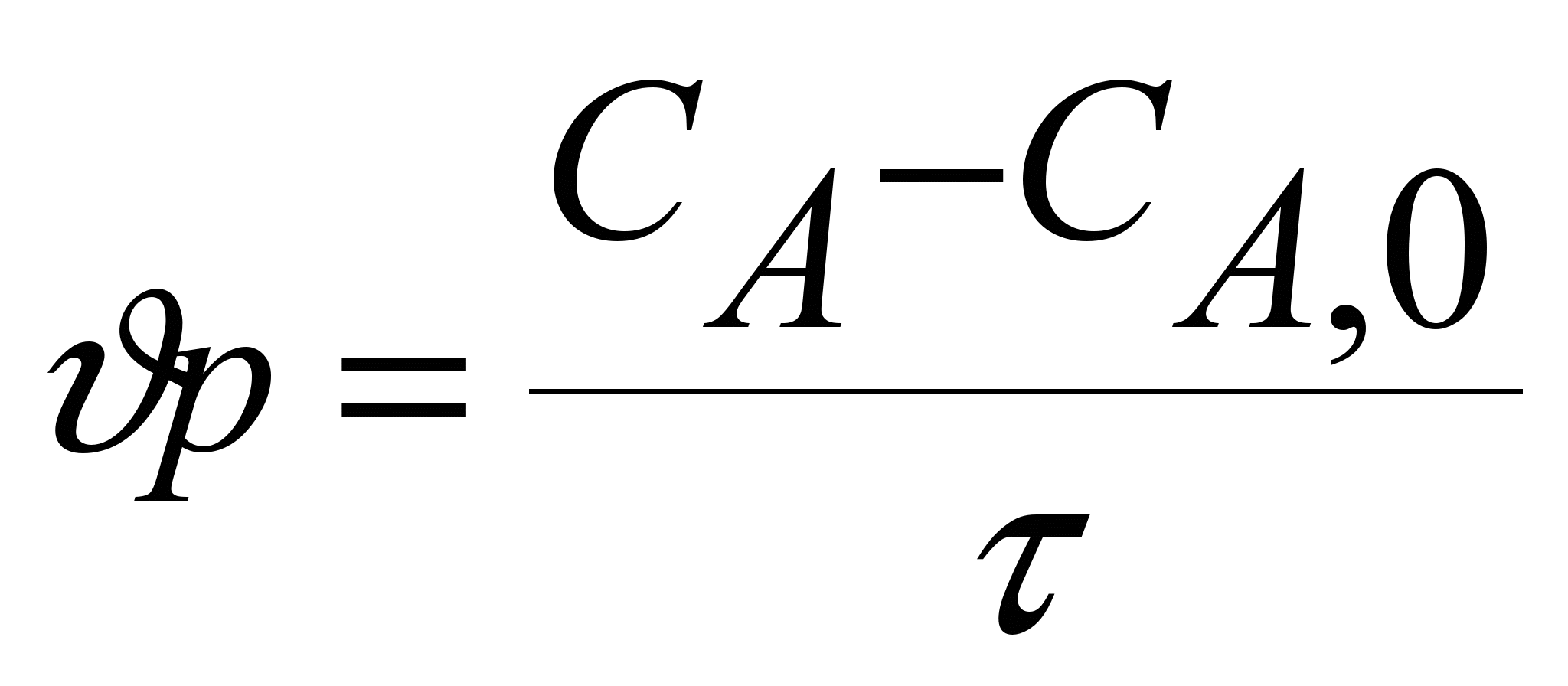
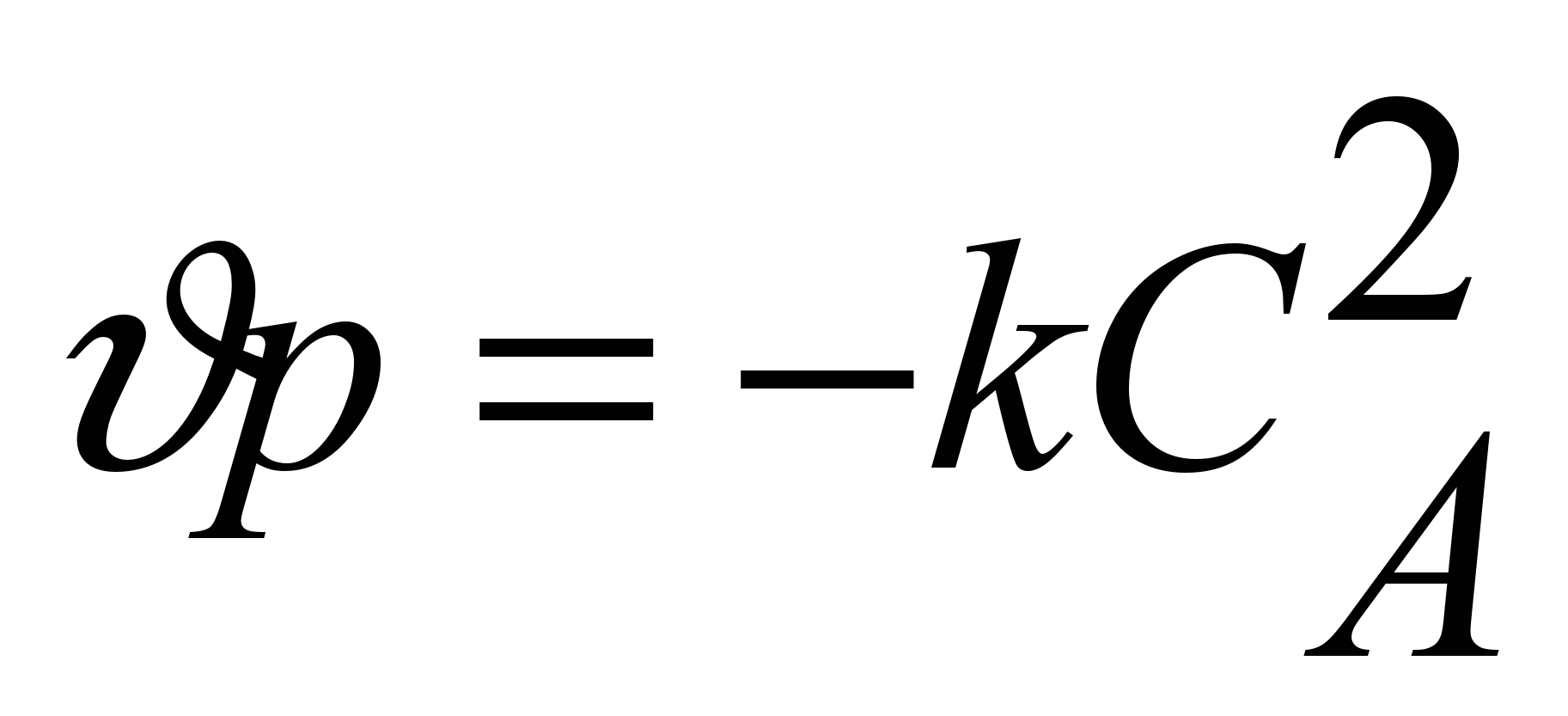
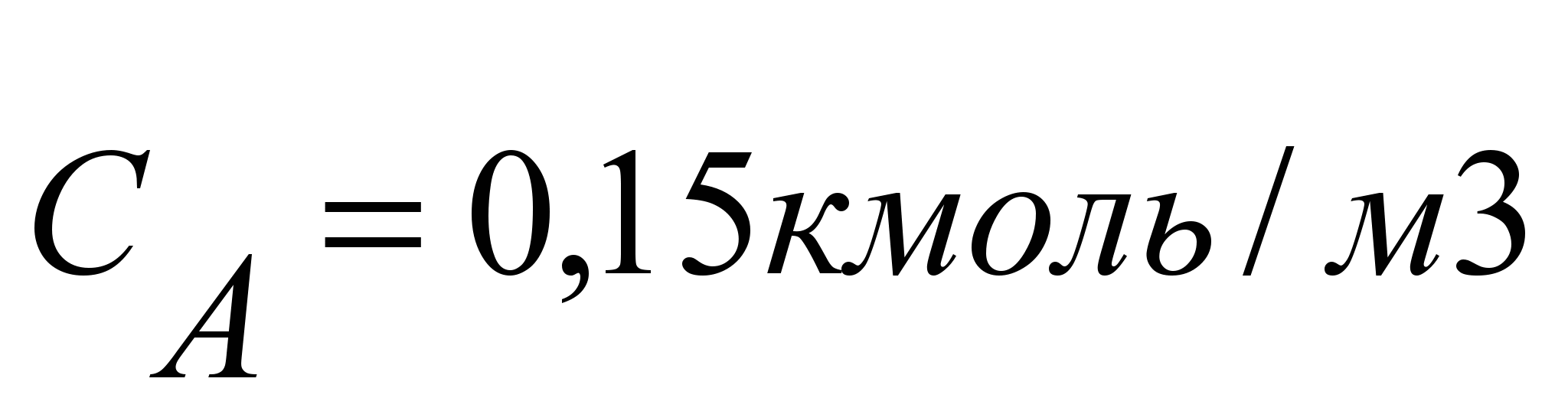
VРИС-Н= 0,4 м3 .

Решение.

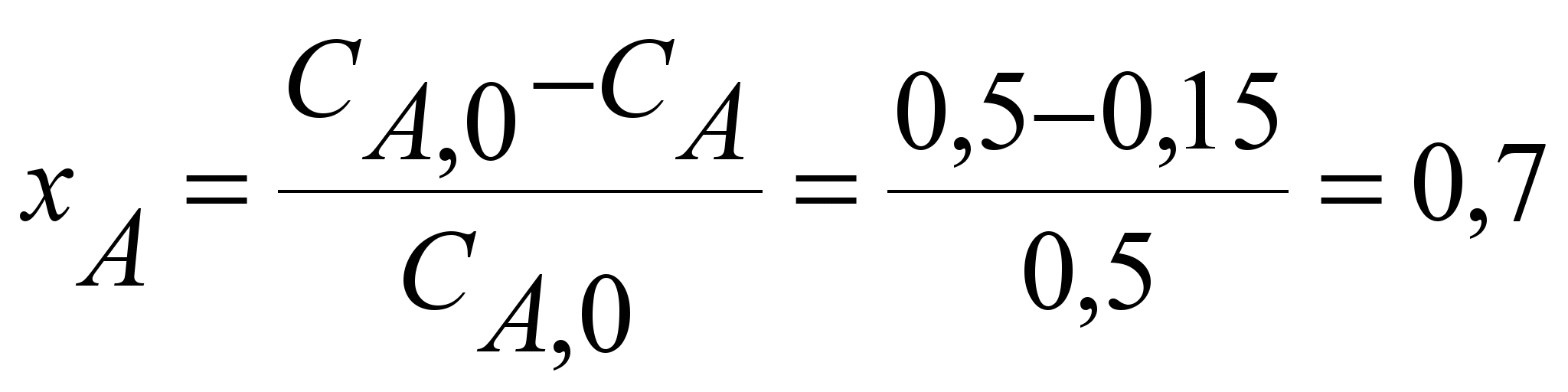
Определим время пребывания в реакторе смешения:



Из базового уравнения для реактора смешения находим

 , где , находим значение 

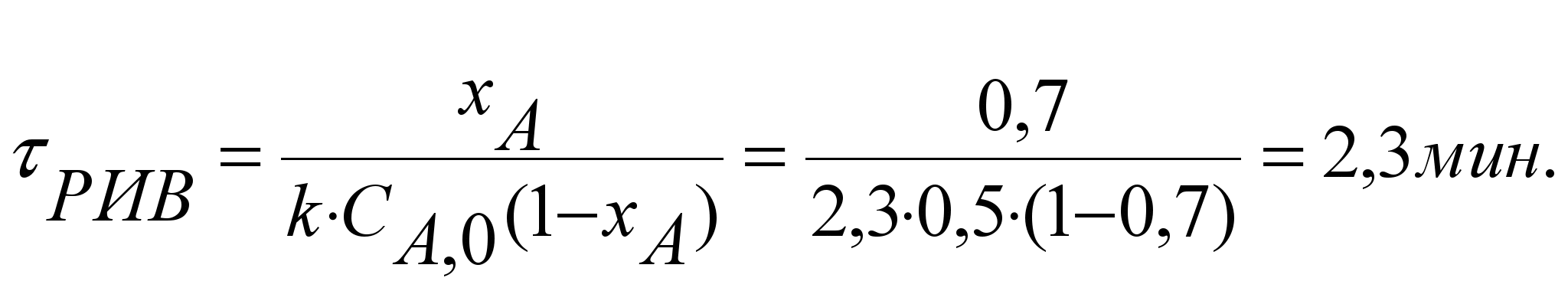
Рассчитываем степень превращения вещества А:



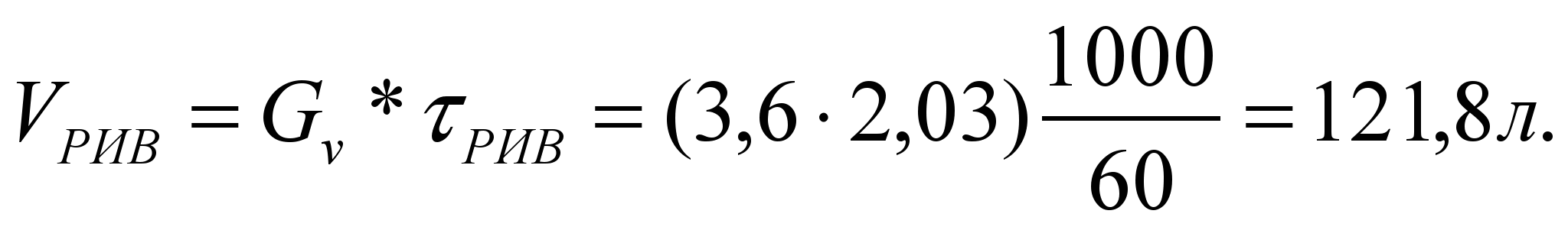
Находим производительность по продукту R:

ПR = G0 СА,0 хА /vA =3,6∙0,5∙0,7/2=0,63кмоль/ч.

Рассчитываем время пребывания в реакторе идеального вытеснения(см. таб.2):



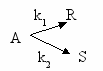
Определяем объем реактора вытеснения по формуле:



Пример 6.

Определить мольную нагрузку на реактор по веществу А и степень превращения в реакторе вытеснения.

Дано:

реакция

порядок реакции n=2;

объемный расход исходного вещества GV = 6 м3/ч;

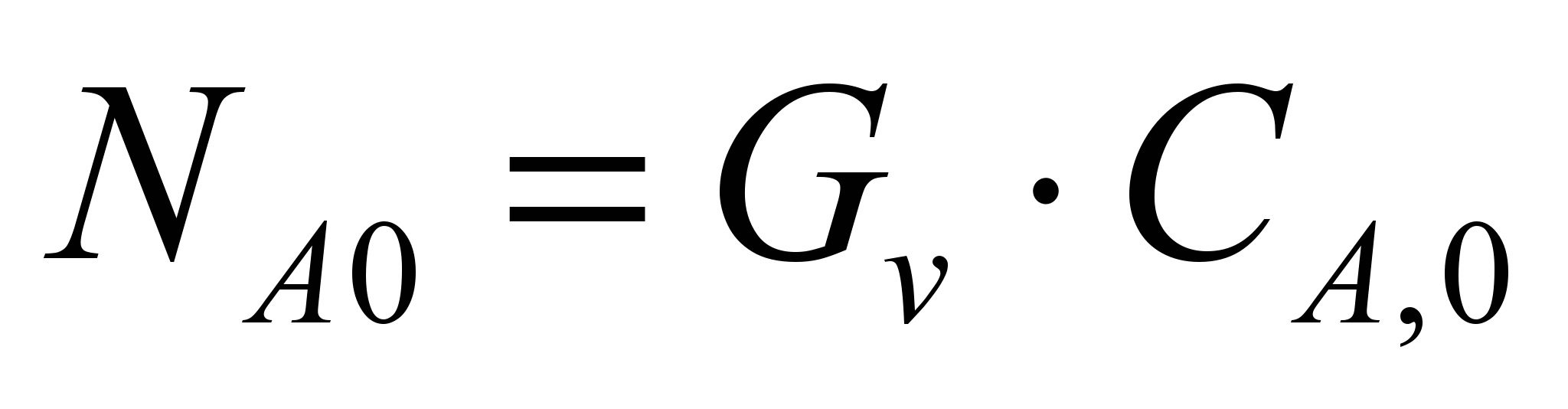
концентрация продукта R на выходе из реактора равна 2.5 кмоль/м3;

константа скорости реакции k1= 0,3 мин-1, k2= 0,2мин-1;

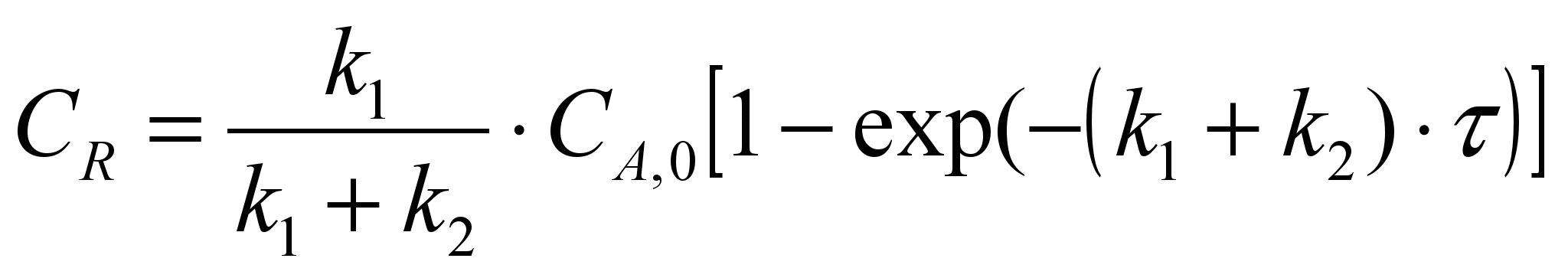
VРИВ = 300 л.

Решение.

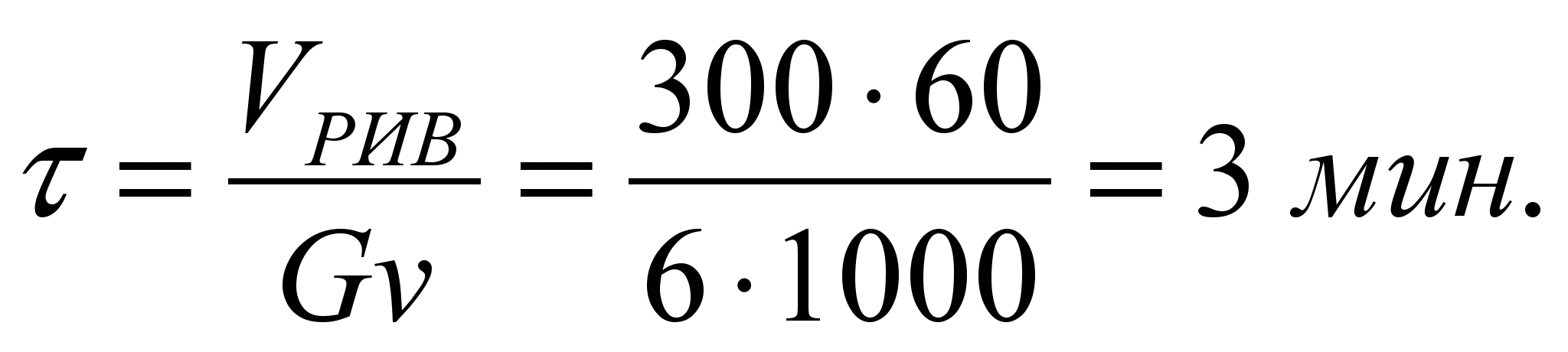
Определяем мольную нагрузку на реактор



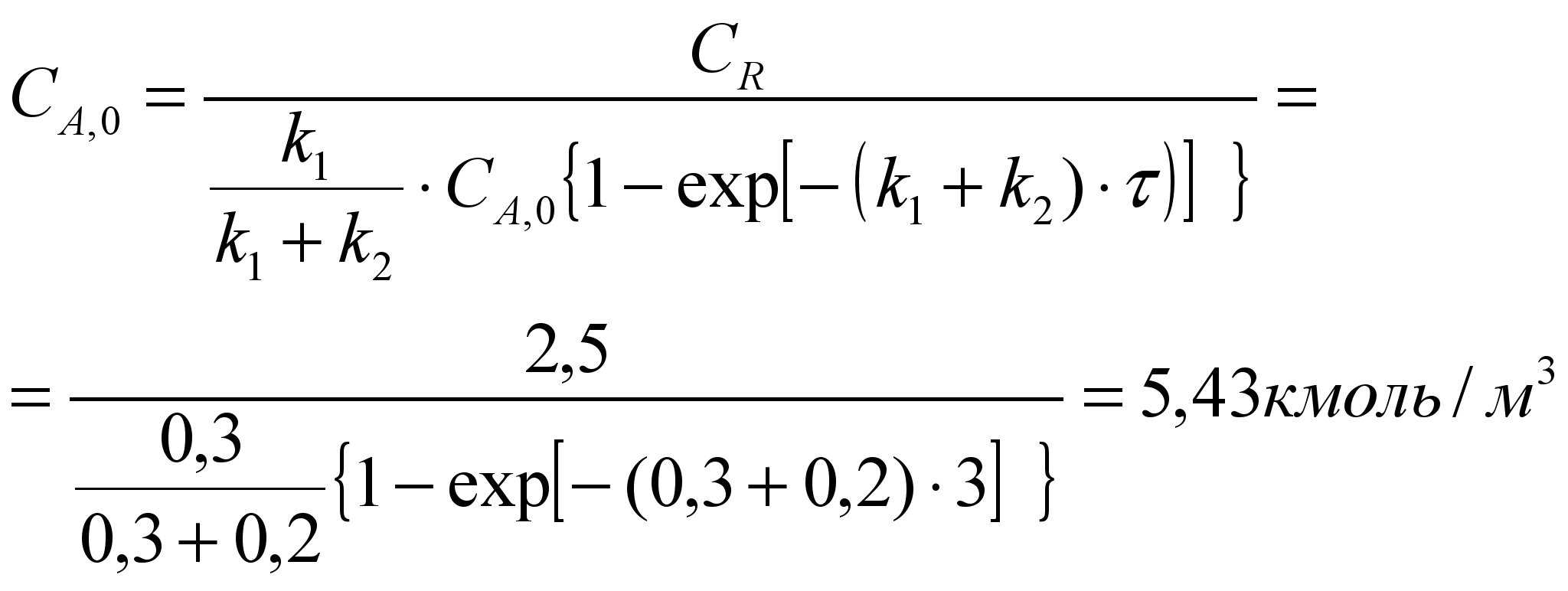
Неизвестную начальную концентрацию вещества А на входе в реактор определяем из уравнения:

.

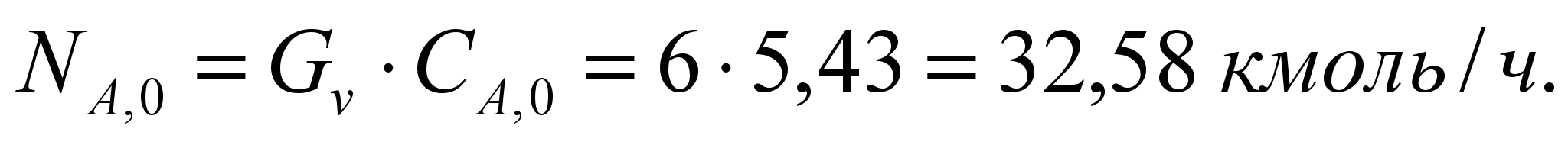
Находим время пребывания:



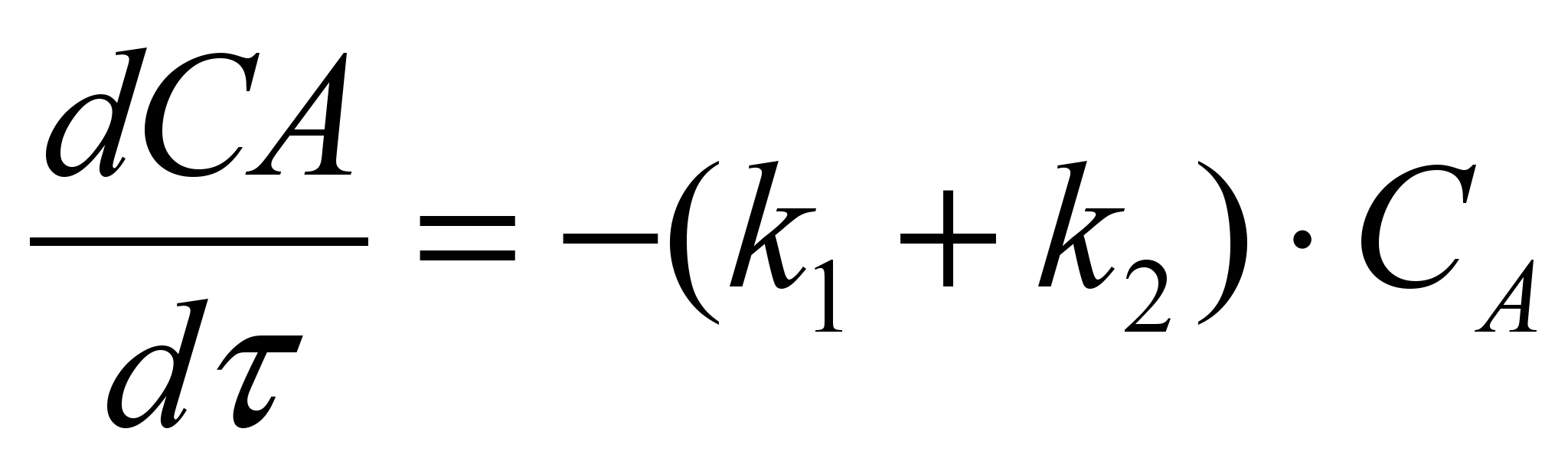
Рассчитываем начальную концентрацию вещества А:



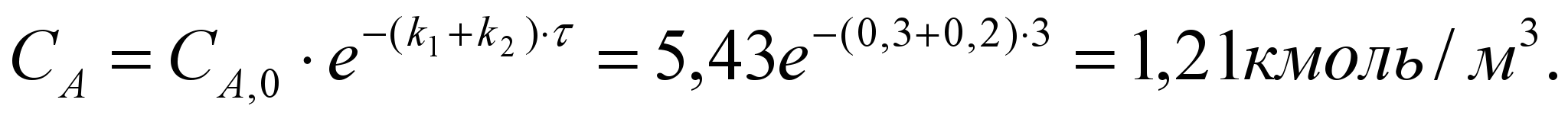
Находим мольную нагрузку на реактор:



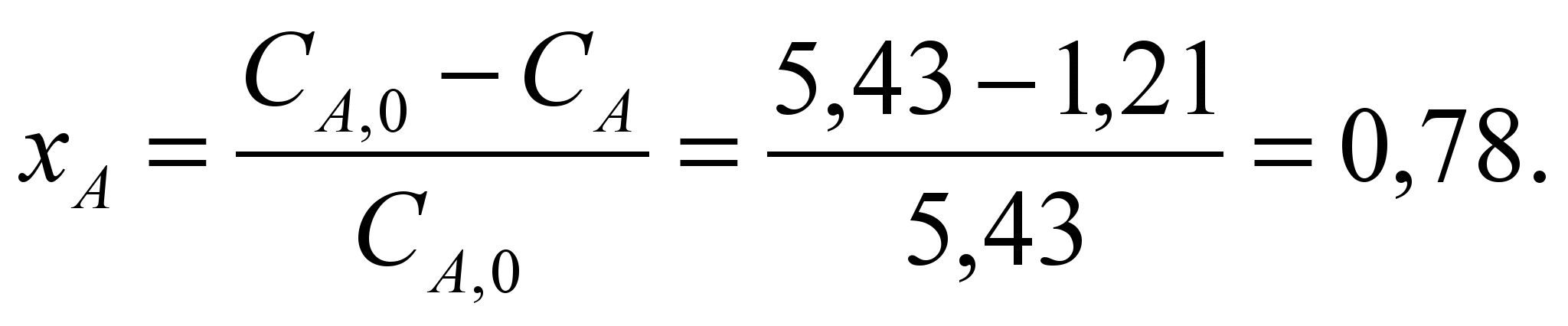
Определяем концентрацию вещества А на выходе из реактора исходя из базового уравнения для реактора вытеснения:



Интегрируя это уравнение и решая относительно СА, получаем:



Рассчитываем степень превращения вещества А:



Задачи для самостоятельного решения

Жидкофазная реакция типа А? R?S имеет константы скоростей, равные к1=2 с-1 и к2= 0,8с-1. 4.5 ч-1.Объемный расход исходного вещества А с концентрацией 1,8 моль/л составляет 18 м3/ч. Рассчитать объем реактора вытеснения для получения максимального количества вещества R, селективность и производительность по продукту R.

В непрерывном реакторе смешения проводится последовательная реакция типа А?R?S с константами скоростей к1=0,5 ч-1 и к2=0,8 ч-1. Исходная концентрация вещества А равна 5 кмоль/м3. Продукты R и S на входе в реактор отсутствуют. Рассчитать необходимый объем реактора вытеснения, степень превращения вещества А, селективность и выход целевого продукта.

Процесс описывается реакцией первого порядка типа А ? 2R с константой скорости к = 0,0024 с-1. Исходная концентрация вещества А - 1,6 моль/л. Объемный расход вещества А – 3,6 м3/ч. Заданная степень превращения по веществу А равна 0,86. Определить производительность реактора вытеснения по продукту R и его объем.

Процесс описывается реакцией второго порядка с константой скорости 0,023 м3/(кмоль∙ с). Исходная концентрация вещества А составляет 0,6 моль/л, объемный расход вещества А -3,6 м3/ч. Определить производительность реактора вытеснения объемом 200 л по продукту R.

Процесс описывается реакцией типа А + В? R с константой скорости k = 0.28 л/(моль/мин). Объемные потоки вещества А с концентрацией 1,6 моль/л и вещества В с концентрацией 2,0 моль/л равны 100 л/мин. Процесс проводится в реакторе смешения объемом 1,2 м3. Концентрация вещества А на входе в реактор составляет 3,4 моль/л. Определить производительность реактора по продукту R.

Процесс описывается реакцией типа А + В ? R с константой скорости k = 0,54 л/(моль/мин). Объемные потоки вещества А с концентрацией 1,8 моль/л и вещества В с концентрацией 2,7 моль/л равны 100 и 80 л/мин. Производительность реактора по продукту R составляет 8,64 кмоль/ч, концентрация продукта R на выходе - 0,8 моль/л. Определить требуемый объем реактора смешения

Процесс описывается реакцией типа 2А ? R с константой скорости k = 0,64 л/(моль/мин). Заданная степень превращения вещества А составляет 0,8, исходная концентрация вещества А -1,8 кмоль/м3, производительность реактора по продукту R – 3,8 кмоль/ч. Определить требуемый объем реактора смешения.

Процесс описывается реакцией типа А ? 2R с константой скорости k = 0,24 мин-1. Заданная степень превращения вещества А составляет 0,8, исходная концентрация вещества А - 1,8 кмоль/м3, производительность реактора по продукту R – 5,8 кмоль/ч. Определить требуемый объем реактора смешения и объемный расход исходной смеси.

Процесс описывается обратимой реакцией первого порядка типа 2АR с константами скоростей: прямой k1 = 61,4 м3/(кмоль/ч) и обратной k2 = 2,4 ч-1 реакций. Заданная степень превращения вещества А составляет 0,8, исходная концентрация вещества А -1,4 моль/л. Объем реактора смешения равен 0,22 м3. Определить производительность реактора по продукту R за час.

**Практическое занятие № 13 Механический расчет тарелок**

**Цель:** изучить методику механического расчета тарелок .

Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

Задачи:

1. Приобрести практические навыки по определению и выбору тарелок

2. Закрепить умения, подтверждающие теоретические знания.

Место проведения: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

Время выполнения: 5 часов

Материально-техническое обеспечение:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

Критерии оценок: приложение №1.

1. ПОРЯДОК РАСЧЕТА ТАРЕЛОК, РАБОТАЮЩИХ С ПЕРЕЛИВНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

Тарелки, работающие с переливными устройствами: колпачковые, клапанные и ситчатые, рассчитывают по од­ной общей методике, соблюдая следующий порядок расчета.

1.1. Выбирают тип тарелки и ее параметры (табл. 1.7, 1.8, 1.9) в зависимости от рабочей площади тарелки (*FР*), определяемой по формуле:

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-wCJ6Pq.png(1.1)

где: *VП* - объемный расход паровой фазы, м³/с;

*ωР*- скорость парового потока в рабочем сечении колонны (м/с); при этом за рабочее сечение колонны принимают площадь основания тарелки, на которой установлены контактные элементы (без учета площади сливных устройств).

Объемный расход пара (*VП*) в колонне, определяют в зависимости от массового расхода (*GП*, кг/с) и плотности пара (https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-c3dG0W.png, кг/м3) :

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-qLWGYL.png, м3/с. (1.2)

Скорость пара в рабочем сечении рассчитывают по формуле:

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-RxApyg.png, м/с, (1.3)

где: *φ* - фактор вспениваемости (находят по табл. 1.5 в зависимости от типа протекающего процесса);

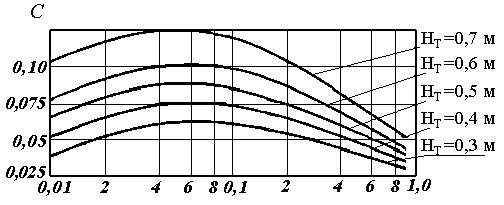
*С* - коэффициент, определяемый графически с учётом расстояния между тарелками (см. рис 1.1);

*ρЖ* - плотность жидкости, кг/м3.

При выборе расстояния между тарелками (*HТ*) используют рекомендации табл. 1.1; если колонна требует частой чистки или ремонта, то это расстояние рекомендуется принимать >0,6 м. Окончательно величина *HТ* устанавливается после проверки относитель­ного брызгоуноса (*У*) и надёжности работы сливного устройства.

Таблица 1.1 - Дополнительные данные для определения расстояния между тарелками

|  |  |
| --- | --- |
| *D*, м | *HТ*,м |
| https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-qirHeF.png0,8 | 0,3 |
| https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-r4nyVg.png0,8 | 0,34*D*0.57 |
| https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-oqXG18.png1,5 | https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-ccYDAG.png0,6 |



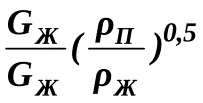
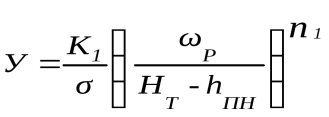
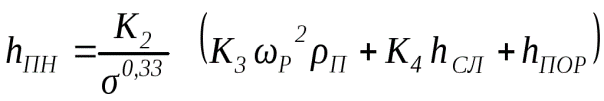


Рис 1.1. Значения коэффициента (*С*) в уравнении (1.3)

1.2 Определяют относительный брызгоунос жидкости (*У*) - количество жидкости, уносимое паровой фазой на вышележащую тарелку.

Допустимым считается брызгоунос до 0,1 кг жидкости на 1 кг пара. Значения брызгоуноса рассчитывают в том случае, если *GП*/*GЖ*>2. Расчет ведут по уравнению 1.4, предварительно определив высоту пены на тарелке по уравнению 1.5.

(1.4)

(1.5)

где: https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-SIcEyF.png- поверхностное натяжение на границе жидкости с паром, Н/м;

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-rJAPAH.png- высота пены (газожидкостной смеси) на тарелке, м;

*K1,К2, К3, К4* и *n1*- коэффициенты, зависящие от типа тарелки (см.табл. 1.2);

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-9sLXm5.pngи https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-SiTVlj.png- соответственно высота подпора жидкости над сливным порогом и высота сливного порога, м (см. рис. 1.3).

1.2.1 Величину https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-9NvMpC.pngв уравнении 1.5 определяют по формуле:

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-47Gk0n.png(1.6)

где: *П* - периметр слива для выбранной тарелки, м (см. табл. 1.7-1.9);

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-cLQJOB.png- действительный расход жидкости, протекающей через переливное устройство (м³/c); впредварительныхрасчетах принимаютhttps://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-xD_TRR.png=https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-VH4edy.png, а после расчета брызгоуноса уточняютзначения https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-DsiU5b.pngиhttps://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-EiqKul.png. С учетом жидкости, переносимой паром на вышележащую тарелку, действительный расход жидкости всливном стакане составит:

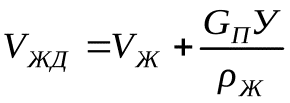
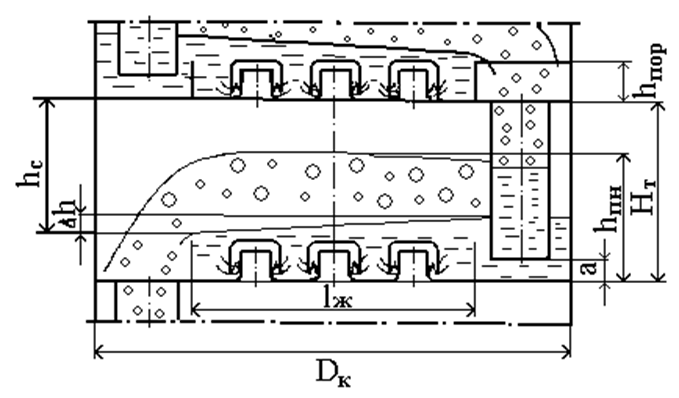
; (1.7)

Таблица 1.2 - Дополнительные данные для расчета брызгоуноса

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип тарелки | *K1*.105 | *K2* | *K3*.102 | *K4* | https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-JEtHBx.png*n1* |
| Колпачковая | 23,0 | 0,23 | 4,4 | 4,6 | 1,16 |
| S-образная | 4,5 | 0,30 | 7,1 | 1,3 | 1,52 |
| Клапанная | 5,5 | 0,17 | 5,9 | 2,2 | 1,38 |
| Ситчатая | 6,2 | 0,42 | 8,5 | 2,7 | 1,61 |

Рис 1.2 Основные параметры колпачковой тарелк и

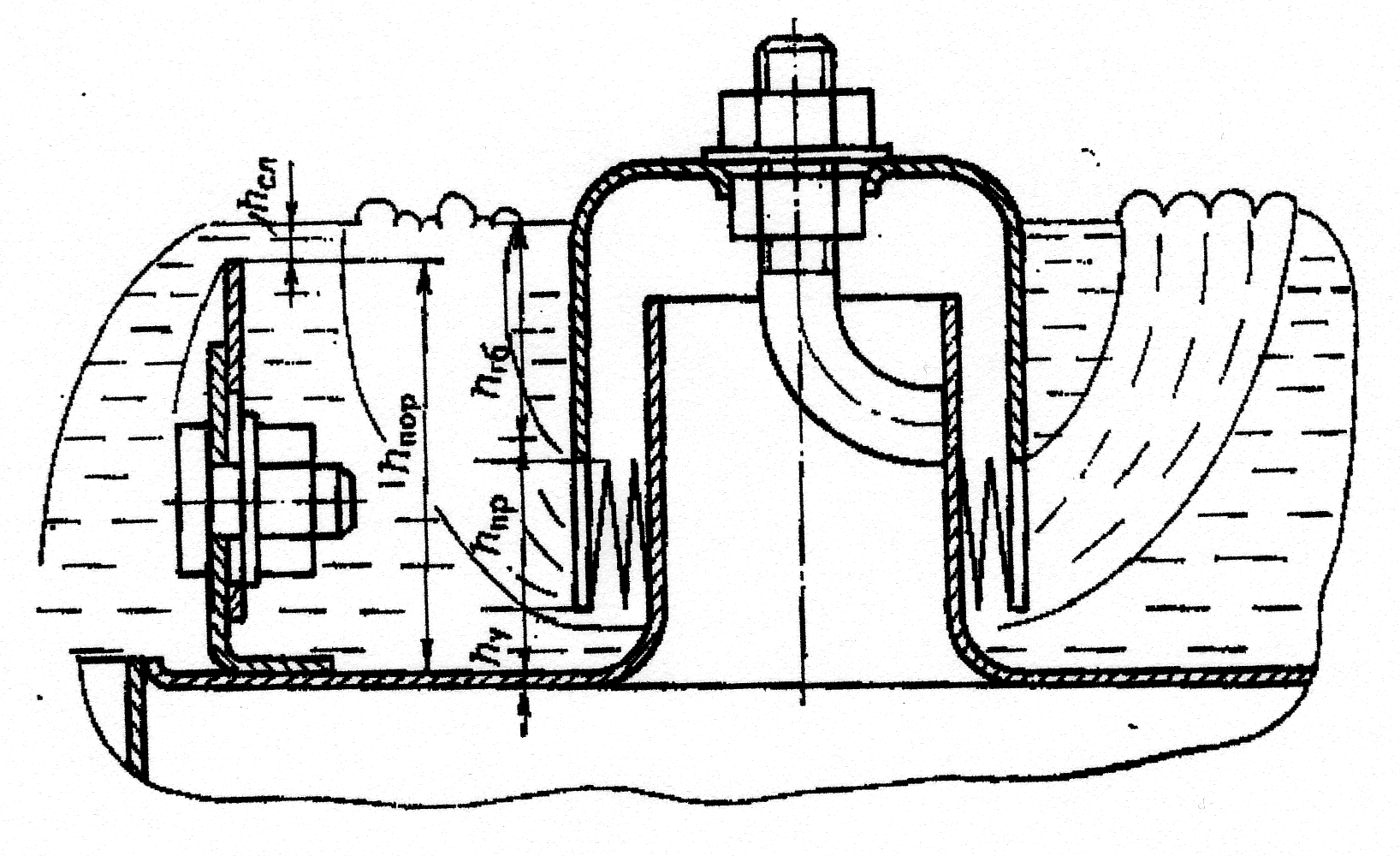


Рис 1.3 Расположение колпачка и сливного порога

1.2.2. Высоту сливного порога в зависимости от типа тарелки определяют по следующим формулам:

- для ситчатых и клапанных тарелок https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-ENYGj5.png

где: https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-YjcPpX.png- высота глубины барботажа, м (см. рис.1.3);

p-абсолютное давление в колонне, Па.

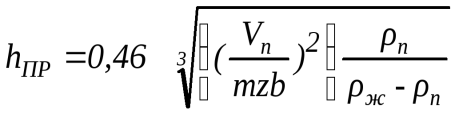
-для колпачковых тарелок https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-KuhRYs.png, (но н/м 0,045 м);

где: *hУ*- высота установки колпачка - расстояние от тарелки до нижнего торца колпачка (см. рис. 1.3); величина параметра изменяется от 0 до 0,1 м;

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-EmLVS6.png- высота открытия прорези колпачка, м.

Колпачки нормализованных тарелок имеют прорези различной высоты и формы (табл. 1.4). Наибольшая эффективность тарелки достигается тогда, когда пар проходит через все сечения прорези.

Высоту открытия прорези считают по уравнению:

(1.8)

где: *m* - ко­личество колпачков для выбранной тарелки (табл.1.7);

*b* - ширина прорези ( см. табл. 1.4)

*z* - количество проре­зей в одном колпачке; для тарелок с капсульными колпачками*z*зависит от диаметра колпачка (см. табл.1.3); а для колпачков других типов – от длины колпачка (*lКП*).

Так, для желобчатых колпачков *z*= 130 *lКП*; для тарелок из S-образных элементов *z*= 40 *lКП*,

где *lКП*- длина колпачка (м) для выбранной тарелки.

После расчета величины *hПР*принимают ближайшее значение этого параметра по табл. 1.4.

Таблица 1.3 - Количество прорезей в стальных капсульных (круглых) колпачках (*z*)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Диаметр колпачка, мм | 60 | 80 | 100 | 150 |
| Количество прорезей *z* | 16 | 20 | 26 | 40 |

Таблица 1.4 - Ширина прорезей в колпачках

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Форма колпачка и прорези | Ширина прорези (мм) при высоте прорези *hПР*, мм | | | | |
| 15 | 20 | 25 | 30 | 40 |
| Капсульный прямоугольная | - | 4,00 | 4,00 | 4,00 | - |
| Капсульный трапециидальная | 5,31 | 5,75 | - | 6,75 | - |
| Желобчатый трапециидальная | - | 8,25 | 7,80 | 7,37 | - |
| S-образный трапециидальная | - | - | - | - | 16 |

Если при расчете брызгоуноса по п. 1.2 расчетное значение превышает допустимое (>0,1 кг/кг), то следует увеличить расстояние между тарелками *HТ*и произвести перерасчет величины *У*.

2.Для выбранной тарелки, необходимо проверить надежность работы сливного устройства, при этом проверяют скорость жидкости в сливном устройстве (*ωСЛ*) и скорость жидкости в зазоре между основанием тарелки и нижней кромкой сливного стакана (*ωЖЗ*).

Во избежание захлебывания сливного устройства скорость жидкости в нем должна отвечать условию:

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-SXk0wN.png=https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-KgxUG8.png/*FСЛ<K5*(1.9)

где: *FСЛ*- площадь сливного устройства для выбранной тарелки, м2.

Значения коэффициентов *K5*и*n2*в зависимости от фактора вспениваемости жидкости приведены в табл. 1.5.

Скорость жидкости в зазоре между основанием тарелки и нижней кромкой сливного стакана (см. рис 1.2) должна отвечать условию:

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-AIXkhe.png; (1.10)

где: *а*- величина зазора (м), принимаемая в зависимости от типа тарелки:

для тарелок ТСК-1 *a=0,035* м;

для тарелок ТСК-Р, ТС и S-образных *a= 0,06* м;

для клапанных тарелок *a=0,09* м.

Если одно из условий не соблюдается, следует увеличить расстояние между тарелками или перейти к расчету двухпоточной (двухсливной) тарелки.

Таблица 1.5 - Дополнительные данные к уравнениям (1.3, 1.9)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вспениваемость жидкости | *φ* | https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-vw34rl.png | https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-oH1dsn.png |
| Малая (ректификация нефтяных фракций, углеводородных газов кроме легких типа метана и этана, фтористых систем, фреонов) | 1 - 0,9 | 0,250 | 0,65 |
| Средняя (атмосферная перегонка нефти, абсорбция и десорбция углеводородов, регенерация аминов и гликолей) | 0,9 - 0,7 | 0,226 | 0,80 |
| Большая (вакуумная перегонка мазута, абсорбция аминами и гликолями, растворами глицерина, метилэтилкетонами) | 0,7 - 0,6 | 0,118 | 1,30 |

1.4. Расчет гидравлического сопротивления (*ΔP*)

Расчет сопротивления тарелок необходим для вакуумных ректификационных колонн; для колонн с большим количеством тарелок (*nТ= 80 - 100*), работающих под атмосферным давлением, а также для абсорбционных колонн, когда их сопротивление определяет выбор напора газодувки.

Общее сопротивление тарелок работающих с переливными устройствами складывается из двух составляющих:

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-rNRII8.png(1.11)

где: https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-b49Y7m.pngи*ΔPж* - соответственно сопротивление сухой тарелки и сопротивление слоя жидкости на тарелке, Па.

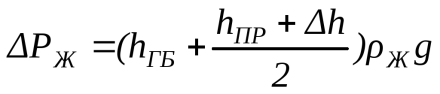
Сопротивление сухой тарелки равно:

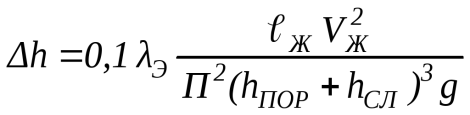
https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-vPKRCC.png(1.12)

где: https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-ZOM3hI.png- скорость пара в паровых патрубках (для колпачковых) или отверстиях (для клапанной и ситчатой) тарелки; м/с ; значения площади прохода пара*FП*указаны в характеристике выбранной тарелки (см. табл. 1.7-1.9);

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-UJy7hc.png- коэффициент сопротивления сухой тарелки, зависящий от типа тарелки: для колпачковой с диаметром колпачка *DК* (м) *https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-rtIlGU.png=1,73D-0,25*; для тарелки из S-образных элементов *https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-QKbveY.png=4*; для клапанной тарелки *https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-qqkYxr.png=3,6*; для ситчатой тарелки *https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-wcn9yD.png=1,7*.

Сопротивление слоя жидкости на тарелке рассчитывают по формуле:

(1.13) где:https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-ejCRsa.png- перепад уровня жидкости на тарелке по пути ее движения, м; (см. рис.1.2), определяемый по уравнению:

(1.14)

где: https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-XazbkH.png- длина пути жидкости на тарелке, м (см. в табл.1.7, 1.8 ,1.9);

*П* - периметр слива для выбранной тарелки, м;

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-D_r5bv.png- эквивалентный коэффициент сопротивления перетоку жидкости, зависящий от типа тарелки:

-для колпачковых тарелок https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-I5szsT.png;

-для клапанных тарелок https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-WAa0zn.png;

-для ситчатых тарелок https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-OptWVm.png.

Если при расчете величины https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-_3eIXd.pngдля однопоточной тарелки получим*https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-kd2TYU.png>0,2https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-pigPQv.png* , то необходимо перейти к расчету многопоточной тарелки.

1.5. Рассчитывают количество тарелок в колонне и определяют высоту колонны.

При этом количество тарелок находят по формуле:

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-aspFdS.png(1.15)

где: https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-G6PTNj.png- число ступеней изменения концентрации;

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-H4ZoAe.png- КПД тарелок в зависимости от их типа и от параметров работы, определяемый по рис.1.4.

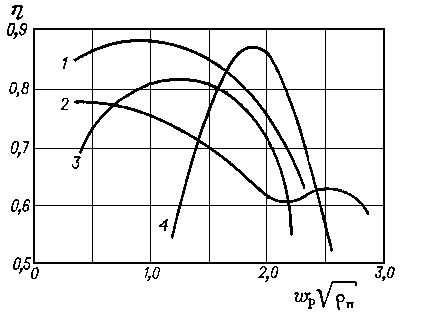


Рис 1.4 Ориентировочное значение КПД тарелок

1- клапанная; 2-ситчатая; 3 - колпачковая; 4 – решетчатая.

Общую высоту колонны вычисляют по формуле:

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-HgcMe9.png, м; (1.16)

где: https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-LTDu0s.png- расстояние между тарелками;

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-LCAUY_.png- высота сепарационной части;

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-Dp5G9m.png- высота кубовой части.

Высота кубовой и сепарационной частей находят в зависимости от диаметра колонны по табл. 1.6.

Таблица 1.6

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Диаметр колонны *D*,  мм. | https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-jNanJ8.png, м | https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-CgrMBc.png, м |
| 1000-1800 | 0,8 | 2 |
| 2000-2600 | 1 | 2,5 |
| 2800-4000 | 1,2 | 3 |

При расчёте высоты колонны следует также учитывать необходимость размещения устройств для ввода сырья и люков для обслуживания. В месте установки люка расстояние между тарелками должно быть не менее 0,6 м.

Таблица 1.7 - Технические характеристики колпачковых тарелок

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип тарелки | Диаметр колонны D, мм | Рабочая площадь тарелки FР, м² | Площадь прохода паров FП,,м² | Площадь слива FСЛ, м² | Периметр слива П, м | Длина пути жидкости lЖ, м | Кол-во колпачков на тарелке m | Диаметр колпачка DК, мм | Расстояние между тарелками HТ, мм |
| TCK 1 | 400 | 0,090 | 0,008 | 0, 005 | 0,302 | 0,220 | 7 | 60 | 200; 300; 400; 500 |
| 500 | 0,146 | 0,015 | 0,007 | 0,400 | 0,300 | 13 | 60 |
| 600 | 0,215 | 0,027 | 0,012 | 0,480 | 0,370 | 13 | 80 |
| 800 | 0,395 | 0,049 | 0,021 | 0,570 | 0,520 | 24 | 80 |
| 1000 | 0,573 | 0,073 | 0,050 | 0,800 | 0,595 | 37 | 80 |
| ТСК-Р | 1000 | 0,64 | 0,090 | 0,064 | 0,665 | 0,722 | 39 | 80 | 300, 400, 600, 800, 1000 |
| 1200 | 0,93 | 0,129 | 0,099 | 0,818 | 0,836 | 43 | 100 |
| 1400 | 1,12 | 0,162 | 0,198 | 1,090 | 0,933 | 49 | 100 |
| 1600 | 1,47 | 0,219 | 0,269 | 1,238 | 0,976 | 66 | 100 |
| 1800 | 1,86 | 0,272 | 0,334 | 1,420 | 1,006 | 86 | 100 |
| 2200 | 2,99 | 0,471 | 0,412 | 1,606 | 1,462 | 141 | 100 |
| 2400 | 3,54 | 0,557 | 0,505 | 1,775 | 1,582 | 168 | 100 |
| 2600 | 4,13 | 0,638 | 0,674 | 2,032 | 1,704 | 202 | 100 |
| 2800 | 4,74 | 0,769 | 0,686 | 2,096 | 1,826 | 238 | 100 |
| 3000 | 5,52 | 0,849 | 0,778 | 2,250 | 1,980 | 272 | 100 |
| 3200 | 6,26 | 1,180 | 0,880 | 2,390 | 2,112 | 168 | 150 |
| 3400 | 6,82 | 1,320 | 1,128 | 2,620 | 2,260 | 173 | 150 |
| 3600 | 7,20 | 1,370 | 1,441 | 2,880 | 2,400 | 194 | 150 |
| ТСК-РБ | 2200 | 2,637 | 0,398 | 0,464 | 2,770 | 0,681 | 124 | 100 |
| 2400 | 3,390 | 0,518 | 0,458 | 2,824 | 0,801 | 156 | 100 |
| 2600 | 3,707 | 0,584 | 0,696 | 3,368 | 0,801 | 176 | 100 |
| 2800 | 4,486 | 0,717 | 0,874 | 3,412 | 0,921 | 220 | 100 |
| 3200 | 7,122 | 0,975 | 1,372 | 4,446 | 0,896 | 136 | 150 |
|  | 3600 | 7,120 | 1,318 | 1,582 | 4,896 | 1,17 | 184 | 150 |  |

Таблица 1.8 - Технические характеристики клапанных тарелок

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип  тарелки | Диаметр колонны D, мм | Рабочая площадь тарелки FР, м² | Периметр слива П, м | Площадь слива FСЛ, м² | Относительное свободное сечение тарелки (%) при шаге расположения клапанов t, | | | Расстояние между тарелками HТ, мм |
|  |  |  |  |  | 30  мм | 75  мм | 100  мм | 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800 |
| ТКП однотопочная | 1000 | 0,50 | 0,84 | 0,14 | 10,69 | 5,12 | - |
| 1200 | 0,79 | 0,97 | 0,17 | 10,44 | 6,63 | 5,57 |
| 1400 | 1,10 | 1,12 | 0,22 | 11,42 | 7,79 | 5,84 |
| 1600 | 1,47 | 1,26 | 0,27 | 13,23 | 8,25 | 6,36 |
| 1800 | 1,83 | 1,43 | 0,30 | 13,23 | 8,46 | 6,90 |
| 2000 | 2,24 | 1,6 | 0,45 | 13,65 | 9,36 | 7,03 |
| 2200 | 2,76 | 1,74 | 0,52 | 14,26 | 9,44 | 7,13 |
| 2400 | 3,21 | 1,92 | 0,66 | 14,55 | 9,55 | 7,20 |
| 2600 | 3,84 | 2,05 | 0,74 | 14,91 | 9,98 | 7,71 |
| 2800 | 4,41 | 2,23 | 0,87 | 15,25 | 10,12 | 7,75 |
| 3000 | 5,01 | 2,4 | 1,03 | 14,87 | 9,95 | 7,28 |
| 3200 | 5,76 | 2,54 | 1,14 | 15,32 | 10,51 | 7,70 |
| 3400 | 6,44 | 2,72 | 1,32 | 15,38 | 10,22 | 7,62 |
| 3600 | 7,39 | 2,85 | 1,40 | 15,87 | 9,84 | 7,83 |
| 3800 | 8,08 | 3,03 | 1,61 | 15,8 | 10,45 | 8,66 |
| 4000 | 8,96 | 3,2 | 1,82 | 15,83 | 10,67 | 8,08 |
| ТКП двухпоточная | 3000 | 4,74 | 4,08 | 1,03 | 11,68 | 8,03 | 6,11 |
| 3200 | 5,59 | 4,22 | 1,12 | 12,35 | 8,66 | 6,27 |
| 3400 | 6,23 | 4,52 | 1,32 | 12,3 | 8,61 | 6,24 |
| 3600 | 7,11 | 4,76 | 1,43 | 12,75 | 8,30 | 6,67 |
| 3800 | 7,68 | 5,14 | 1,69 | 12,8 | 8,65 | 6,46 |
| 4000 | 8,75 | 5,28 | 1,79 | 13,4 | 8,79 | 6,82 |

Примечание: Характеристики двухпоточных тарелок даны только для диаметра D>3000 мм

Таблица 1.9 - Технические характеристики ситчатых тарелок

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип тарелки | Диаметр колонны D, мм | Рабочая площадь тарелки FР, м2 | Площадь слива FСЛ, м2 | Периметр слива, м | Длина пути жидкости  LЖ ,м | Диаметр отверстий d0, мм | Шаг  размещения отверстий t, мм | Расстояние между тарелками HТ, мм |
| ТС | 400  500  600  800  1000 | 0,051  0,089  0,140  0,410  0,713 | 0,004  0,010  0,012  0,020  0,036 | 0,302  0,400  0,480  0,570  0,800 | 0,28  0,30  0,37  0,52  0,59 | 3;4;5 | 7-12; 8-15; 10-18 | 200; 300; 400; 500 |
| ТС-Р | 1200  1400  1600  1800  2000  2200  2400  2600  2800 3000 3200  3400  3600 | 1,010  1,368  1,834  2,294  2,822  3,478  3,900  4,780  5,640  6,430  7,270  8,310  9,000 | 0,060  0,087  0,088  0,123  0,159  0,161  0,317  0,258  0,260  0,315  0,385  0,376  0,580 | 0,722  0,860  0,795  1,050  1,190  1,240 1,570  1,540  1,570  1,710  1,860  1,900  2,240 | 0,86  0,93  0,97  1,09  1,34  1,46  1,83 1,70  1,83  1,98  2,11  2,26  2,40 | 300; 400; 600; 800; 1000 |
| ТС-РБ | 2600  2800  3200  3000 | 4,03  4,86  5,60  7,32 | 0,696  0,674  1,372  1,582 | 0,800  0,920  0,896  1,170 | 1,68  1,70  2,22  2,45 |

Примечание 1. Площадь прохода паров FП=0,906 Fр(d0/t)2

2.Шаг расположения отверстий принимается в указанных пределах через 1 мм

3.Характеристики двухпоточных тарелок (ТС-РБ) даны только для диаметров D>2500

РАСЧЕТ РЕШЕТЧАТЫХ (ПРОВАЛЬНЫХ) ТАРЕЛОК

Провальные тарелки типа ТР устанавливаются в колоннах с цельносварным корпусом диаметром от 1000 до 3000 мм с интервалом через 200 мм. Расстояние между тарелками 600; 700; 800 и 900 мм.

Основным элементом тарелки является перфорированный лист со щелевыми отверстиями (рис 2.1), характеристики которого приведены в табл. 2.1. Поскольку тарелка работает без переливных устройств, то ее рабочая площадь практически равна площади сечения колонны.

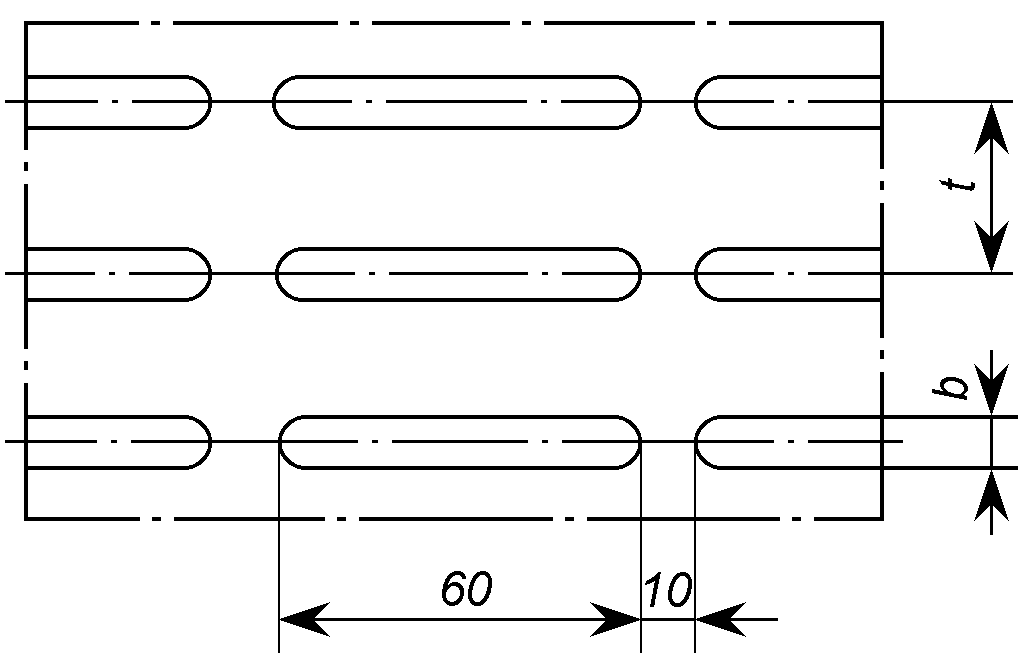
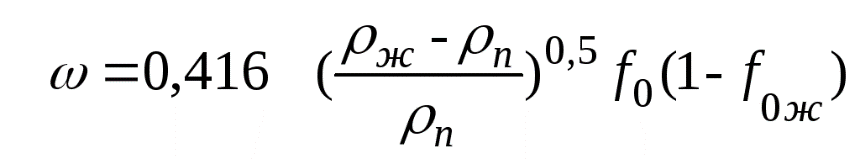


Рис 2.1 Вид перфорации решетчатой тарелки.

Расчет тарелок провального типа ведут, соблюдая следующий порядок.

2.1. По данным табл. 2.1 предварительно выбирают параметры тарелки и расстояние между тарелками.

2.2. Определяют максимально допустимую скорость пара в колонне (ω):

 (2.1)

где: https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-eP6nSD.png - относительно свободное сечение (см. табл. 2.1);

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-tYBtSZ.png- доля площади отверстия, занятая стекающей жидкостью;

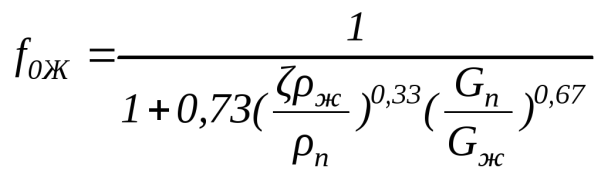
Таблица 2.1 - Относительное свободное сечение f0 решетчатых тарелок типа ТР

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Толщ. тарелки  , мм | Шир. щели  b, мм | f0 при шаге расположения щелей t, мм | | | | | | | | | |
| 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 28 |
| 2 | 4 | 0,27 | 0,21 | 0,18 | 0,16 | 0,14 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,09 | - |
| 4 | 6 | - | 0,31 | 0,27 | 0,23 | 0,20 | 0,18 | 0,16 | 0,15 | 0,13 | 0,12 |

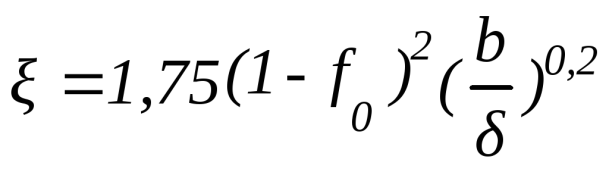
Примечание: диаметр решетчатых тарелок типа ТР изменяется от 1000

до 3000 мм с интервалом через 200 мм. Расстояние между тарелками

HТ составляет 600; 700; 800 мм или 900 мм

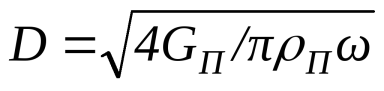
 (2.2)

где: GП - расход пара, кг/c; GЖ - расход жидкости, кг/с; ξ - коэффициент сопротивления тарелки:

 (2.3)

где b - ширина щели;δ - толщина принятой тарелки (см. табл. 2.1).

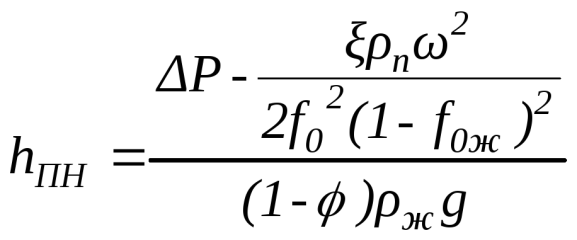
2.3. Находят диаметр колонны:

,м (2.4)

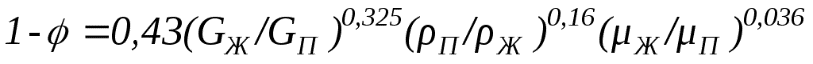
2.4. Проверяют правильность выбора расстояния между тарелками; при этом должно выполняться условие: HТ > hПН+ hС,

где: hС - высота сепарационного пространства между слоем пены и орошающей тарелкой, м;

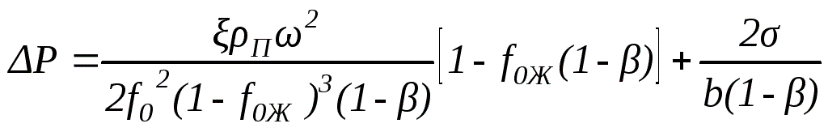
hПН - высота слоя динамической пены, образующейся на тарелке, м, определяемая по формуле:

 (2.5)

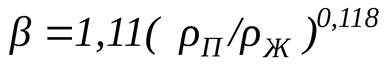
где: https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-jARvuX.png - объёмная доля жидкости в пене образовавшаяся на провальной тарелке;φ - газосодержание пены; ∆P-общее сопротивление тарелки, Па;

 (2.6)

Общее сопротивление орошаемой тарелки определяют из выражения:

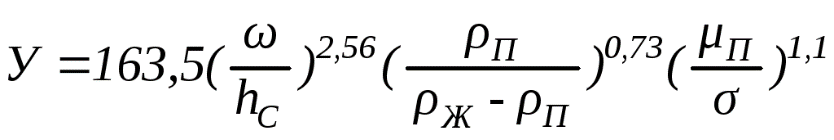
 (2.7)

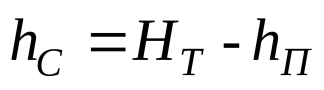
где: - вязкость пара, Па\*с; - коэффициент, учитывающий распределение давлений ;σ - поверхностное натяжение жидкости, Н/м .

(2.8)

2.5. Определяют относительный брызгоунос (У).

При известных значениях расстояние между тарелками HТ и высоты пены hПН, необходимо проверить высоту сепарационного пространства hС которая должна обеспечить допустимый унос жидкости на вышележащую тарелку. Величина относительного уноса не должна превышать 0,05 кг/кг.

 (2.9)

где: - высота сепарационного пространства, м.

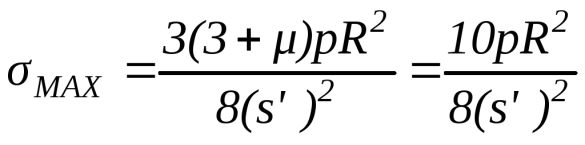
Если допустимое значение брызгоуноса превышено, следует увеличить расстояние между тарелками и повторить расчет.

МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТАРЕЛОК.

Механический расчет тарелки в зависимости от ее конструкции включает расчет диска и опорного каркаса на прочность и жесткость.

3.1. При расчете на прочность диск тарелки рассматривают как тонкую круглую пластину, опирающуюся по контуру и нагруженную равномерной нагрузкой от собственного веса и веса жидкости (рис 3.1). В этом случае максимальный изгибающий момент и, следовательно, максимальное напряжение возникает в центре пластины.-

Наибольшее напряжение (https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-MEFXha.png), возникающее в центре пластины определяют по формуле:

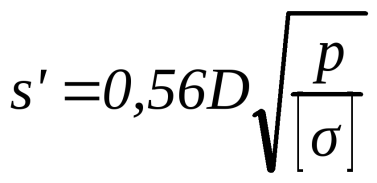
 (3.1)

где R - радиус пластины, м;

µ - коэффициент Пуассона (для стали µ=1/3);

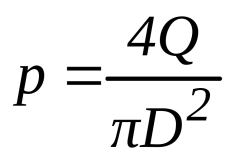
p - удельная нагрузка на единицу площади тарелки, Н/м2;

s’- расчетная толщина пластины, м; определяемая по формуле:

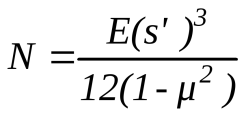
 (3.2)

где: D - диаметр диска тарелки, м;

- максимально допустимое напряжение материала, Па.

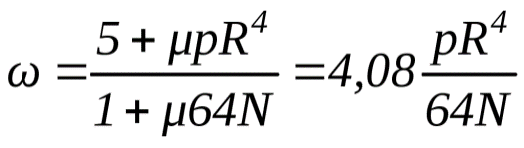
Удельная нагрузка на единицу площади тарелки определяется по формуле: 

где Q = QТ + QЖ - нагрузка на каркас от веса тарелки (QТ) и веса жидкости на тарелке (QЖ)

3.2 При расчете на жесткость определяют цилиндрическую жесткость (N) по формуле:  (3.3)

где: Е - модуль упругости, Па

3.3 C учетом расчета по п.3.1 и 3.2 определяют прогиб в центре пластины (https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-NqSZDS.png) по формуле:

 (3.4)

Величина прогиба не должна превышать 0,0005 от диаметра тарелки. Если прогиб получается больше допустимого, то следует предложить каркас под тарелку и произвести его расчет.

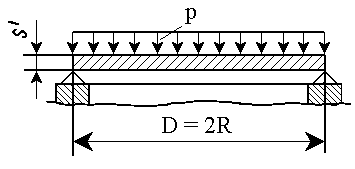
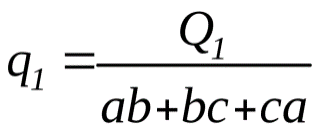
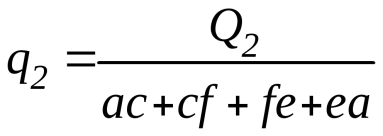


Рис 3.1 Круглая пластина со свободно опертым краем.

3.4 При расчете каркаса тарелки принимают схему нагрузок, представленную на рис 3.2 и производят расчет удельных нагрузок из условия равномерного распределения нагрузок Qi. Значение Qi определяют для соответствующих участков площадью F1-F6, которые ограниченны по контуру опорными балками и кольцом, при этом Qi =pFi;

Величину удельной нагрузки, приходящуюся на единицу длины балок, рассчитывают по формулам:

;  и т. д.

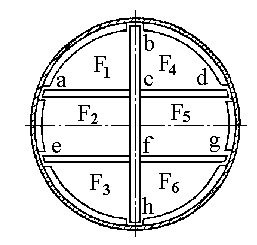
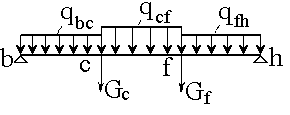
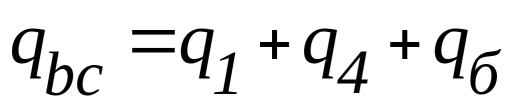
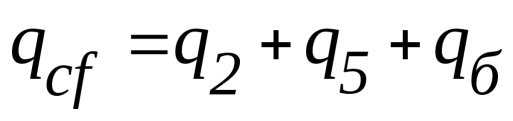
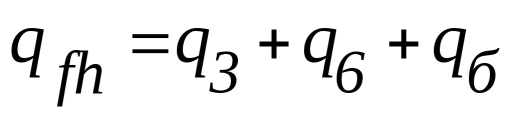
 

Рис 3.2 Каркас тарелки, и схема нагружения балки.

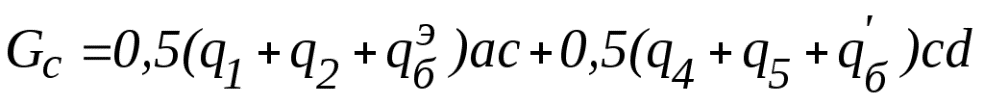
Суммарные удельные равномерно распределенные нагрузки на отдельные участки балки bh c учетом нагрузки от собственного веса балки qб можно подсчитать по формулам:

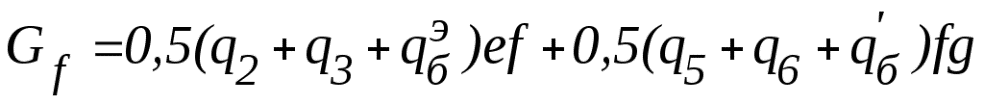






Кроме равномерно распределенной нагрузки, на центральную балку bh действуют сосредоточенные силы в местах крепления боковых балок в точках с и f (рис. 3.1)





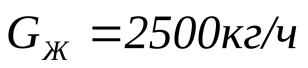
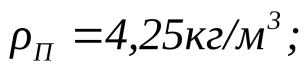
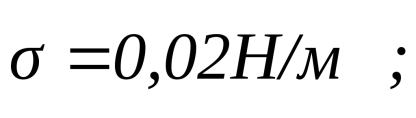
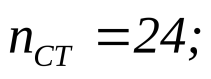
где https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-Wj6ZAr.png - удельная равномерно распределенная нагрузка от собственного веса боковых балок.

Каркас тарелки должен придавать ей необходимую жесткость, При недостаточной жесткости балок каркаса гидравлические затворы прорезей контактных устройств в центре тарелки будут больше, чем у периферии. Это приведет к нарушению равномерности барботажа. В связи с этим максимальный прогиб балок каркаса должен быть не более 0,0005 их пролета и не более 3 мм. Если условие прогиба не выполняется, меняют профиль каркаса.

При расчете балок следует подбирать необходимый профиль с учетом прибавки на коррозию.

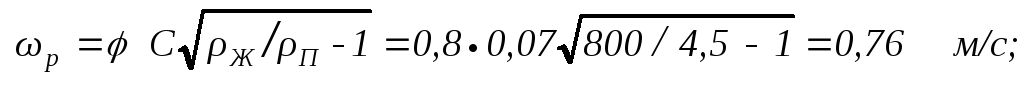
ПРИМЕР РАСЧЕТА КОЛПАЧКОВОЙ ТАРЕЛКИ

Исходные данные:

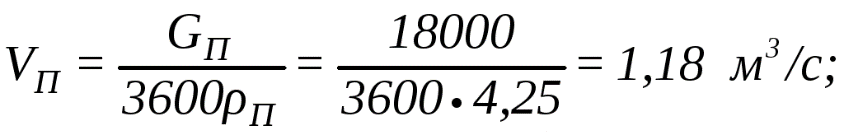
Нагрузка колонны по пару - https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-7fMu6N.png нагрузка по жидкости - ; плотность паров -  плотность жидкости - поверхностное натяжение - число ступеней изменения концентрации - тарелки - колпачковые. Вспениваемость жидкости средняя, давление в колонне атмосферное.

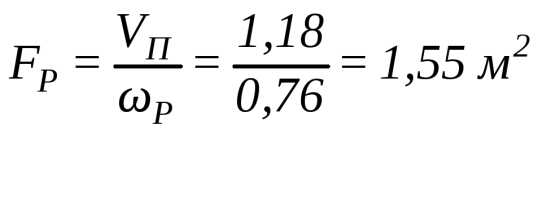
Расчет:

1. Для выбора параметров тарелки предварительно примем расстояние между тарелками Нт = 0,4 м и коэффициент вспениваемости по табл. 1.5 равный φ = 0,8. Далее по рис 1.1 определяем значение коэффициента C=0,07. Тогда, согласно уравнению (1.3), скорость пара в рабочем сечении колонны составит



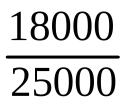
Найдем объемный расход пара в колонне:



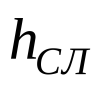
Тогда рабочая площадь тарелки в соответствии с уравнением 1.1 составит: ;

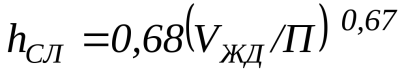
По табл. 1.7 выбираем тарелку типа ТСК-Р для колонны диаметром D=1800 мм. Эта тарелка имеет следующие параметры: рабочая площадь – 1,86 м2 ; периметр слива П=1,42 м; площадь слива ; площадь прохода пара; длина пути жидкости по тарелке =1,096 м; зазор под сливным стаканом а=0,06 м; количество колпачков m=86; диаметр колпачка DК=100 мм.

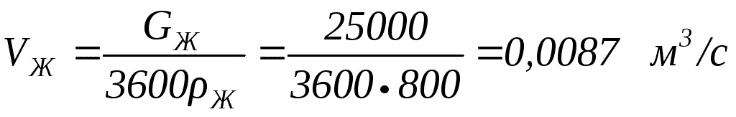
В задачу дальнейших гидравлических расчетов выбранной тарелки входит определение высоты сливного порога , величины подпора жидкости над сливным порогом, высоты прорезей колпачка и, если это необходимо, сопротивления тарелки.

2. Произведем расчет брызгоуноса. Из исходных данных рассматриваемого примера имеем отношение   ==0,72<2. Следовательно, при определении величины можно было бы не учитывать относительный унос жидкости паром. Однако для большей наглядности примера рассмотрим расчет с учетом уноса жидкости.

Для расчета величины У по уравнению (1.4), необходимо найти высоту пены на тарелке , которая в свою очередь рассчитывается по уравнению (1.5), включающему величины https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-Wt_5uC.png и .

Величину предварительно рассчитываем по уравнению (1.6) без учета уноса жидкости, т.е. = ; тогда:

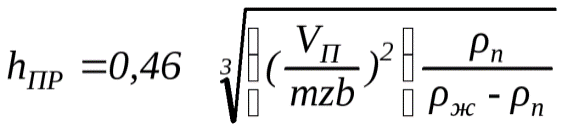
=0,68(0,0087/1,42)0,67=0,023 м

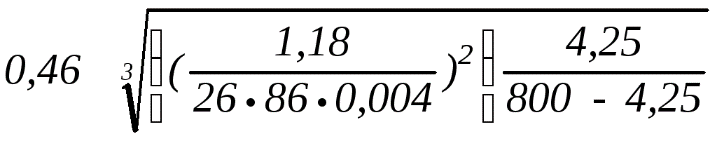
Где: 

Для определения высоты сливного порога (см. с.7) рассчитываем по уравнению (1.8) высоту прорезей в колпачках.

Примем колпачок с прямоугольными прорезями шириной b=4 мм (см. табл. 1.4). Количество прорезей в одном колпачке z=26 (табл.1.3). Общее количество колпачков на тарелке m=86 (табл. 1.7).

При этих данных по уравнению (1.8) получим:

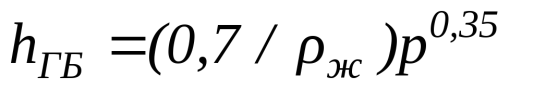
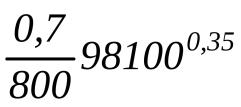
=

=0,045 м

Принимаем по табл. 1.4 высоту прорези =30 мм.

В этом случае пар будет проходить через полностью открытые прорези и частично через нижнюю кромку колпачка. Для обеспечения этого примем высоту установки колпачка =10 мм = 0,01 м.

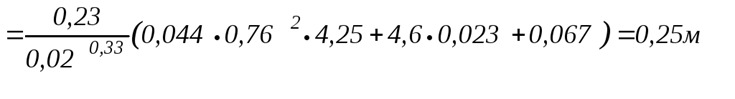
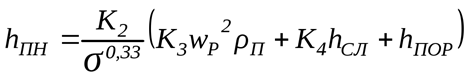
Глубина барботажа при абсолютном давлении p=98100 Па составит:

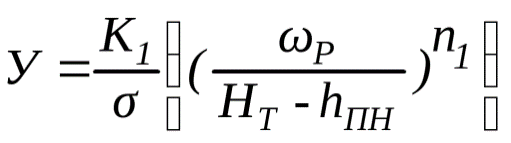
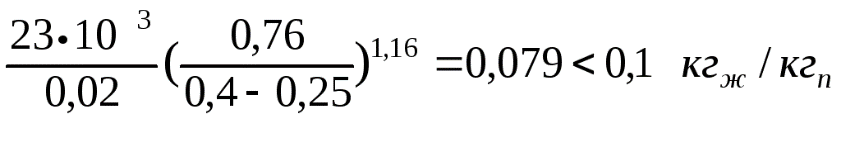
==  = 0,05 м

Найдем высоту сливного порога для колпачковой тарелки (см. с.7):

=0,05-0,023+0,03+0,01=0,067 м

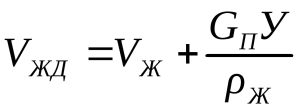
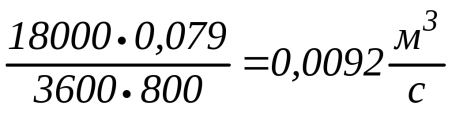
Высота пены, образующейся на тарелке, в соответствии с (1.5), составит:



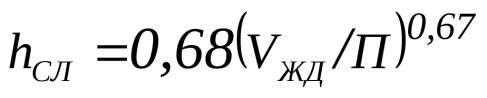
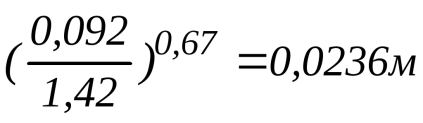
Тогда величина относительного уноса жидкости согласно уравнению (1.4)  : = 

Таким образом, расчетное значение брызгоуноса получили меньше допустимого, следовательно, расстояние между тарелками выбрано правильно.

Найдем действительную нагрузку сливного устройства по жидкости с использованием уравнения (1.7):

=0,0087 + 

Тогда, действительная величина подпора жидкости над сливным порогом составит:

=0,68 . 

Это мало отличается от ранее рассчитанного значения - =0,023 м, поэтому величину можно не уточнять.

3. Проверим работоспособность сливного устройства тарелки по условиям (1.9) и (1.10). Для этого рассчитаем по (1.9) скорость жидкости в сливном устройстве:

= https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-fVBg7D.png/FС=0,0092 / 0,334=0,0027 м/с

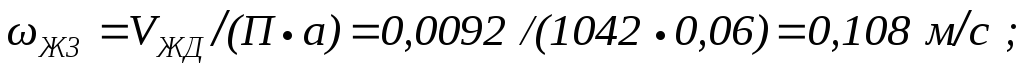
где FС=0,334 м2- площадь сливного устройства выбранной тарелки.

В соответствии с уравнением (1.9) и данным табл. 1.5 получим:

K5= https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-Cmsh6I.png; 0,027< 0,108

Следовательно, условие (1.10) соблюдается и захлебывания сливного устройства не произойдет.

Рассчитаем скорость жидкости в зазоре между основанием тарелки и нижней кромкой сливного стакана и проверим выполнение условия (1.10):



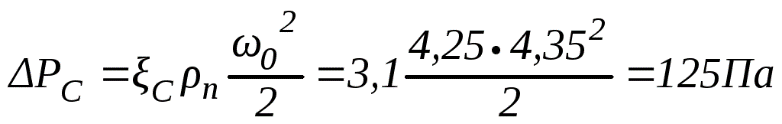
0,108 < 0,45 м/с,

т.е. проверочное условие выполняется.

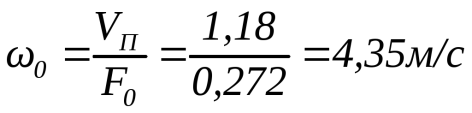
Таким образом, из приведенных расчетов следует, что выбранная однопоточная тарелка обеспечит нормальную работу сливных устройств.

4. Найдем далее сопротивление тарелки.

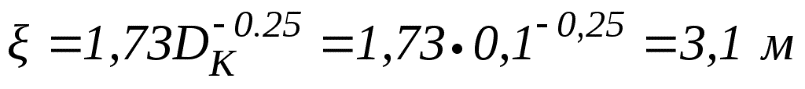
При этом сопротивление сухой тарелки определяем по (1.14):



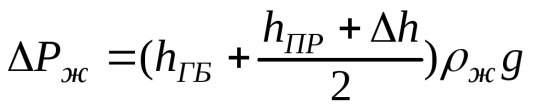
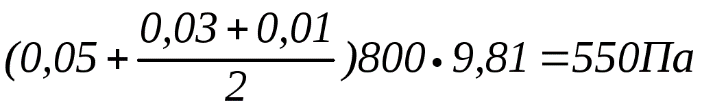
где: скорость пара в паровых патрубках равна:

;

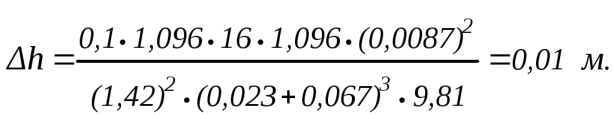
коэффициент сопротивления для колпачка диаметром DК=100 мм составляет:



Сопротивление слоя жидкости на тарелке рассчитываем по уравнению (1.15):

= 

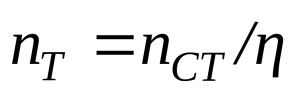
где: https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-nSdOQ9.png- перепад уровня жидкости на тарелке по пути ее движения, м; Значение параметра определяем по уравнению (1.14) с учетом величины https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-iXBG3r.png =1,096 м для выбранной тарелки (см. табл. 1.7):

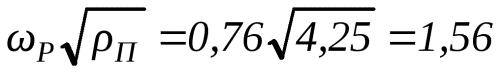


Тогда общее сопротивление тарелки согласно (1.11) составит:

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-80CZuO.png

5. Рассчитаем высоту колонны, предварительно определив количество тарелок в ней:

=24/0,8=30

Здесь величина к.п.д. тарелки https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-lRSDZP.png=0,8 принята по данным рис. 1.4 при значении . Тогда общая высота колонны в соответствии с уравнением (1.16) составит:

https://studfiles.net/html/1407/127/html_8lTYkdRKqQ.d4IA/img-A8NLdO.png=(30-1)0,4+1+2,5=15 м

Учтем необходимость размещения люков для обслуживания; при этом примем 1 люк на 5 тарелок. Таким образом, по высоте колонны разместим 6 люков, а расстояние между тарелками в месте установки люка увеличим до 0,6 м. Тогда высота колонны увеличится на 1,2 м и составит 16,2 м.

Таким образом, результаты расчета показали, что указанным в примере исходным данным отвечает ректификационная колонна диаметром 1,8 м, высотой 16,2 м с колпачковыми тарелками типа ТСК-Р с рабочей площадью тарелки 1,86 м2 .

ВАРИАНТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Задание: Провести гидравлический расчет и подобрать стандартизованную колонну по условиям задач, приведенных в табл. 4.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер задачи | Тип тарелки | Gп∙10-3, кг/ч | Gж∙10-3, кг/ч | pп, кг/м3 | pж, кг/м3 | σ∙103, Дж/м2 | μп∙105, Па∙с | μж103, Па∙с | nст |
|  | Колпачковая | 3,1 | 2,7 | 3,5 | 850 | 17 | 5,6 | 4,2 | 20 |
|  | Клапанная | 19,9 | 16,8 | 8,1 | 760 | 26 | 4,5 | 3,9 | 23 |
|  | Ситчатая | 42,5 | 34,3 | 6,9 | 800 | 29 | 3,5 | 6,4 | 20 |
|  | Провальная | 38,3 | 31,3 | 8,3 | 760 | 27 | 2,3 | 3,1 | 10 |

Примечание: Gп – нагрузка колонны по пару; Gж – нагрузка колонны по жидкости; pп – плотность пара; pж – плотность жидкости; σ – поверхностное натяжение жидкости; μп – вязкость пара; μж– вязкость жидкости; nст – число ступеней изменения концентрации.

**Практическое занятие № 14 Расчет диаметра колонны**

**Цель:** изучить методику расчета диаметра колонны .

Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

Задачи:

1. Приобрести практические навыки по определению и выбору тарелок

2. Закрепить умения, подтверждающие теоретические знания.

Место проведения: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

Время выполнения: 7 часов

Материально-техническое обеспечение:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

Критерии оценок: приложение №1.

*Определение диаметра*

Диаметр колонны определяется по формуле :

http://www.bestreferat.ru/images/paper/59/01/7950159.png (1)

где V – объёмный расход паров для верха и для низа колонны, м3 /с;

ω - скорость пара для верхней и для нижней колонны, м/c;

π – геометрическая постоянная (π =3,14).

*Определение объёмного расхода паров*

Определение объёмного расхода паров производиться по формуле:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/60/01/7950160.png (2)

где P – мольный расход, кмоль/с;

R –оптимальное флегмовое число;

Mcp – средняя мольная масса пара, кг/кмоль;

ρ п.ср – плотность пара для среднего сечения, кг/м2 .

Средняя мольная масса пара определяется по формуле :

http://www.bestreferat.ru/images/paper/61/01/7950161.png (3)

где M нк , Мвк – мольные массы компонентов, кг/кмоль;;

y ср – средний мольный состав пара, кмоль/кмоль.

Средняя плотность пара определяется по формуле :

http://www.bestreferat.ru/images/paper/62/01/7950162.png (4)

где Т˚ =273К;

Р0 =760 мм.рт.ст.

Тср – средняя температура кипения смеси в среднем сечении верхней части колонны в ˚ С (определяется по t-x-y диаграмме по значению yср )

Определение объёмного расхода паров в колонне производиться для верха и для низа колонны отдельно.

Среднее сечение верхней части колонны:

Средний мольный состав пара определяется по формуле :

http://www.bestreferat.ru/images/paper/63/01/7950163.png (5)

где yp и yf -мольные доли компонентов (определяются по x-yдиаграмме).

http://www.bestreferat.ru/images/paper/64/01/7950164.png

http://www.bestreferat.ru/images/paper/65/01/7950165.png= 92,13\*0,795 + 78,11\*(1-0,795) = 89,24 кг/кмоль

http://www.bestreferat.ru/images/paper/66/01/7950166.png= 89,24\*273/22,4(273+92,2) = 2,97 кг/м3

V = (0,006\*(2,43+1)\*89,24)/2,97 = 0,62 м3 /сек

Среднее сечение нижней части колонны:

Средний мольный состав пара определяется по формуле [6]:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/67/01/7950167.png (6)

где y ц и yf -мольные доли компонентов (определяются по x-y диаграмме).

http://www.bestreferat.ru/images/paper/68/01/7950168.png

http://www.bestreferat.ru/images/paper/65/01/7950165.png= 92,13\*0,34 + 78,11\*(1-0,34) = 82,87 кг/кмоль

http://www.bestreferat.ru/images/paper/66/01/7950166.png= 89,24\*273/22,4(273+105,95) = 2,66 кг/м3

V = (0,006\*(2,43+1)\*82,87)/2,66 = 0,64 м3 /сек

*Определение скорости пара*

Расчет проведем по методике предложенной в [1].

Для колпачковых тарелок предельно допустимая скорость рассчитывается по уравнению:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/69/01/7950169.png (7)

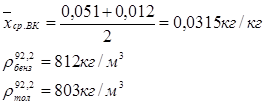
где d – диаметр колпачка, м; http://www.bestreferat.ru/images/paper/71/01/7950171.png – расстояние от верхнего края колпачка до вышерасположенной колонны, м; http://www.bestreferat.ru/images/paper/72/01/7950172.png– соответственно плотности жидкой и паровой фазы, кг/м3 .

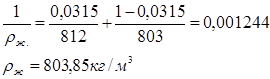
Верхняя часть аппарата:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/73/01/7950173.png (8)

где x ср.нк – средний состав жидкости для верхней части колонны, кмоль/кмоль.

http://www.bestreferat.ru/images/paper/74/01/7950174.png (9)

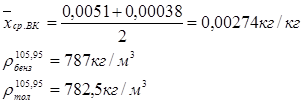


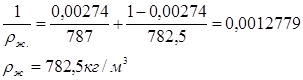


http://www.bestreferat.ru/images/paper/77/01/7950177.png м/с

Нижняя часть аппарата:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/78/01/7950178.png (10)





http://www.bestreferat.ru/images/paper/81/01/7950181.pngм/с

Определим диаметр колонны для верха и для низа:

Верх. http://www.bestreferat.ru/images/paper/82/01/7950182.png

Низ: http://www.bestreferat.ru/images/paper/83/01/7950183.png Примем D=1000мм

Примем стандартный диаметр колонны одинаковый для верхней и нижней части и равный http://www.bestreferat.ru/images/paper/84/01/7950184.png м.

Параметры колпачковой тарелки типа ТСК-1 Свободное сечение колонны http://www.bestreferat.ru/images/paper/85/01/7950185.png м2 , длина линии барботажа 9,3 м, периметр слива http://www.bestreferat.ru/images/paper/86/01/7950186.png м, площадь слива 0,05 м2 , площадь паровых патрубков 0,073 м2 , относительная площадь прохода паров 9%, число колпачков 37, диаметр колпачка http://www.bestreferat.ru/images/paper/87/01/7950187.png мм, шаг http://www.bestreferat.ru/images/paper/88/01/7950188.png мм, http://www.bestreferat.ru/images/paper/89/01/7950189.png мм, высота перелива http://www.bestreferat.ru/images/paper/90/01/7950190.pngмм. Расстояние между тарелками Ht=0,35[1].

Определение высоты тарельчатой колонны производиться по следующему уравнению [1]:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/91/01/7950191.png (10)

где http://www.bestreferat.ru/images/paper/92/01/7950192.png -высота тарельчатой (рабочей) части колонны, м;

h – расстояние между тарелками, м [1];

h1 - высота сепарационной части над верхней тарелкой, м;

h2 - расстояние от нижней тарелки до днища колонны, м.

Значения h1 и h2 выбрать в соответствии с практическими рекомендациями в зависимости от диаметра колонны [1]:

H =(16-1)\*0.6+0.6+1.5=11.1 м

**Практическое занятие № 15: Расчет корпуса реактора на прочность**

**Цель:** изучить методику расчета корпуса реактора на прочность. Закрепить теоретические знания

Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

Задачи:

1. Приобрести практические навыки по расчету реактора на прочность

2. Закрепить умения, подтверждающие теоретические знания.

Место проведения: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

Время выполнения: 7 часов

Материально-техническое обеспечение:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

Критерии оценок: приложение №1.

1. РАСЧЁТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Расчётная температура стенок выбирается из следующих соображений:

t = max{tc;200С} = max{200;200С } = 2000С, где

tc- максимальная температура среды, соприкасающейся со стенкой, 0С

Расчётное давление:

а) внутри аппарата (для днища, обечайки корпуса и крышки):

Рр = Р = 1,5 МПа

б) в рубашке:

Рр.р = Р1 = 2,0 МПа

Исходя из условий, принимаем сталь марки 08Х18Н10 по ГОСТ 5632-72 (для днища, обечайки корпуса и крышки)

Допускаемое напряжение для стали марки 08Х18Н10:

[] = 140 МПа при температуре 200оС [1]

Коэффициент запаса устойчивости для рабочих условий:

ny = 2,4

Расчётные значения модуля продольной упругости для стали марки 08Х18Н10 при температуре 200оС равен Е = 1,97·105 МПа.

Исходя из условий, принимаем сталь марки 09Г2С по ГОСТ 19282-73 (рубашки)

Допускаемое напряжение для стали марки 09Г2С:

[] = 171 МПа при температуре 150оС [1]

Коэффициент запаса устойчивости для рабочих условий:

ny = 2,4

Расчётные значения модуля продольной упругости для стали марки 09Г2С при температуре 150оС равен Е = 1,86·105 МПа.

Принимаем коэффициент прочности сварных швов ц = 0,9 при виде сварного шва: стыковой, выполняемый вручную с одной стороны. Длина контролируемых швов от общей длины составляет 100 %.

Прибавки к расчётным толщинам стенок:

а) для компенсации коррозии:

- обечайки и днища корпуса:

ск = (П1 + П2) ·ф ,

где П1 - скорость коррозии металла при воздействии среды в аппарате на внутреннюю стенку аппарата, днище и крышку, мм/год

Принимаем П1 = 0,1 мм/год

П2 - скорость коррозии металла при воздействии среды в рубашке на внешнюю стенку аппарата, днища и внутреннюю стенку рубашки.

Принимаем П2 = 0,05 мм/год

ф - срок эксплуатации

ск = (0,1 + 0,05)•20 = 3 мм

- крышки:

ск.кр = П1·ф = 0,1·20 = 2 мм

- рубашки:

ск.р = П2·ф = 0,1·20 = 2 мм

б) для компенсации эрозии сэ = 0, так как эрозия отсутствует.

в) для компенсации минусового допуска и утонения стенки элементов аппарата соответственно С2 = 0 и С3 = 0, так как сумма (С2+ С3) не превышает 5% толщины листа.

2. РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ КРЫШКИ АППАРАТА

Расчет толщины стенки эллиптической крышки, нагруженного избыточным внутренним давлением.

Толщину стенки эллиптической крышки рассчитываем по формулам (52)-(54) [2]:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/76/31/7653176.png, http://www.bestreferat.ru/images/paper/77/31/7653177.png

где , R=D с Н=0,25D.

http://www.bestreferat.ru/images/paper/78/31/7653178.png0,0146 м.

s1 = 14,6+0,5 = 15,1 мм

Принимаем толщину стенки s1 = 16 мм.

Допускаемое внутреннее избыточное давление рассчитаем по формуле (54) [2]:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/79/31/7653179.png1,5564 МПа

Согласно ГОСТ 6533-78 по таблице 7.2 [7] принимаем h1=40 мм.

Проведем проверочный расчет по п. 3.3.1.4. [2]:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/80/31/7653180.png0,1303

где Dp =2D=2∙2=4 м при х=0 согласно (5) [3

Толщину стенки крышки, при которой не требуется укрепление отверстия, определим подбором:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/81/31/7653181.png0,5498 м.

Исполнительная толщина крышки аппарата принимается s1 =25 мм.

Допускаемое внутреннее избыточное давление:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/82/31/7653182.png2,4546 МПа

Согласно ГОСТ 6533-78 по таблице 7.2 [7] принимаем h1 =60 мм.

Проведем проверочный расчет по п. 3.3.1.4. [2]:

0,8http://www.bestreferat.ru/images/paper/83/31/7653183.png =0,8http://www.bestreferat.ru/images/paper/84/31/7653184.png0,8∙177,09>h1 .

Согласно условиям п. 3.3.1.4. [2] принимаем толщину стенки 25 мм.

Расчет толщины стенки эллиптического днища, нагруженного избыточным наружным давлением.

Наружное избыточное давление принимаем равным атмосферному р=0,101 МПа, при абсолютном давлении внутри аппарата 0 МПа.

Толщину стенки днища рассчитываем по формулам (56)-(58) [2]

Расчет толщины стенки эллиптического днища, нагруженного избыточным наружным давлением.

http://www.bestreferat.ru/images/paper/76/31/7653176.png

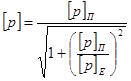
http://www.bestreferat.ru/images/paper/85/31/7653185.png

где Кэ=0,9 для предварительного расчета [2];

http://www.bestreferat.ru/images/paper/86/31/7653186.png 0,0040;0,0009}=4,0 мм.

Дальнейший расчет проводим из условия толщины стенки s1 =25 мм.

Определим допускаемое наружное давление по формуле (58) [2]:



где допускаемое давление [p]п из условия прочности:

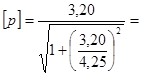
http://www.bestreferat.ru/images/paper/04/32/7653204.png3,20 МПа,

допускаемое давление [p]Е из условия устойчивости в пределах упругости:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/05/32/7653205.png4,25 МПа,

где Кэ =1 [черт. 13; 2],

Допускаемое наружное давление:

2,04 МПа

Проверяем условие : http://www.bestreferat.ru/images/paper/93/31/7653193.png

http://www.bestreferat.ru/images/paper/07/32/7653207.png - условие соблюдается.

Принимаем полусферическое днище с отбортовкой h1 =40 мм толщиной стенки s1 =12 мм по ГОСТ 6533-78.

Проведем проверку на необходимость укрепления отверстия для штуцера.

Согласно формуле (26) [3]

http://www.bestreferat.ru/images/paper/08/32/7653208.png0,3029 м

где Dp =2R=D=1,6 м (7) [3].

РАСЧЁТ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБЕЧАЕК РЕАКТОРА

3.1. Расчет цилиндрической обечайки диаметром 2000 мм

Толщину стенки рассчитываем по формулам 8 и 9 [2]:

s ³ sР +с

http://www.bestreferat.ru/images/paper/09/32/7653209.png

где sР – расчетная толщина стенки, мм;

p – внутреннее избыточное давление (в нашем случае оно равно давлению внутри аппарата p =15 кг/см2 = 1,47 МПа);

D – диаметр обечайки (D =2 м);

[s] – допускаемое напряжение при расчетной температуре, МПа;

φр – расчетный коэффициент прочности сварного шва.

Принимаем вид сварного шва – стыковой с двусторонним сплошным проваром, выполняемый автоматической и полуавтоматической сваркой. По табл.20 приложения 5 [2] найдем значение коэффициента прочности φр =1,0.

http://www.bestreferat.ru/images/paper/10/32/7653210.png 0,0132м

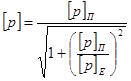
s = 13,2+0,5 = 13,7мм

Принимаем толщину стенки s = 16 мм (см. п. 2).

Допускаемое избыточное внутреннее давление будет равным (формула 10 [2]):

http://www.bestreferat.ru/images/paper/11/32/7653211.png 1,72 МПа.

Определим допускаемое наружное давление по формуле 13 [2]:



где допускаемое давление из условий прочности определяем по формуле 14 [2]:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/12/32/7653212.png 1,72 МПа

Допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости определяем по формуле 15 [2]:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/13/32/7653213.png

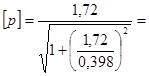
http://www.bestreferat.ru/images/paper/14/32/7653214.png

где , расчетная длина обечайки l=L1 +l3эл +l3кон +L2 +l3сф , http://www.bestreferat.ru/images/paper/15/32/7653215.png ; http://www.bestreferat.ru/images/paper/16/32/7653216.png 0,14м; http://www.bestreferat.ru/images/paper/17/32/7653217.png; l=2,0+0,167+0,14+1,8+0,267=4,374м

http://www.bestreferat.ru/images/paper/18/32/7653218.png 4,91

значит, выбираем B1 = 1.

http://www.bestreferat.ru/images/paper/19/32/7653219.png 0,398 МПа

 0,388 МПа

Принимаем толщину стенки корпуса s=16мм.

Расчёт цилиндрической части корпуса нагруженной осевыми усилиями.

Толщина стенки обечайки нагруженной осевым растягивающим усилием должна соответствовать условию:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/21/32/7653221.png

гдеhttp://www.bestreferat.ru/images/paper/22/32/7653222.png 0,0066 м

Осевое растягивающее усилие:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/23/32/7653223.png 4,62 МН.

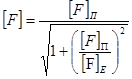
Допускаемое осевое растягивающее усилие:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/24/32/7653224.png

=10,82 МН ≥4,62 МН.

Условия s≥sp +c и [F]≥F выполняются.

Осевое сжимающее усилие рассчитываем по формуле (21) [2]:



Допускаемое осевое сжимающее усилие:

- из условия прочности (22) [2]

http://www.bestreferat.ru/images/paper/26/32/7653226.png 3,14∙(2+0,016-0,0005)∙(0,016-0,0005)∙112=10,99 МН

- в пределах упругости из условия устойчивости (23) [2]

[F]Е = min{[F]E 1 ;[F]E 2 }

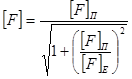
но при условии l/D=4,374/2,0=2,187<10 [F]Е = [F]E 1 ,

тогда [F]E 1 находим по формуле (24) [2]

http://www.bestreferat.ru/images/paper/27/32/7653227.png

http://www.bestreferat.ru/images/paper/28/32/7653228.png 51,91 МН

с учетом обоих условий по формуле (21) [2]:

 =10,75 МН

Осевое сжимающее усилие – это усилие прижатия днища к обечайке атмосферным давлением, которое может быть рассчитано (Приложение 3 «Пример расчета аппарата»[5]):

F=0,25∙π∙(D+2s)2 ∙p=0,25∙3,14∙(2,0+2∙0,016)2 ∙0,101=0,33 МН

Так как обечайка корпуса при атмосферном давлении и отсутствия давления внутри аппарата работает под совместным действием наружного давления 0,1 МПа и осевого сжимающего усилия F, должно выполняться условие устойчивости:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/31/32/7653231.png

Проверяем условие устойчивости:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/32/32/7653232.png 0,29≤1

Устойчивость обечайки корпуса с толщиной стенки 16 мм выполняется.

Принимаем толщину стенки обечайки s=16 мм.

3.2. Расчет цилиндрической обечайки диаметром 1600 мм

Толщину стенки рассчитываем по формулам 8 и 9 [2]:

s ³ sР +с

http://www.bestreferat.ru/images/paper/09/32/7653209.png

где sР – расчетная толщина стенки, мм;

p – внутреннее избыточное давление (в нашем случае оно равно давлению внутри аппарата p =15 кг/см2 = 1,47 МПа);

D – диаметр обечайки (D =1,6 м);

[s] – допускаемое напряжение при расчетной температуре, МПа;

φр – расчетный коэффициент прочности сварного шва.

Принимаем вид сварного шва – стыковой с двусторонним сплошным проваром, выполняемый автоматической и полуавтоматической сваркой. По табл.20 приложения 5 [2] найдем значение коэффициента прочности φр =1,0.

http://www.bestreferat.ru/images/paper/33/32/7653233.png 0,0106 м

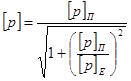
s = 10,6+0,5=11,1 мм

Принимаем толщину стенки s = 12 мм.

Допускаемое избыточное внутреннее давление будет равным (формула 10 [2]):

http://www.bestreferat.ru/images/paper/34/32/7653234.png 1,60 МПа.

Определим допускаемое наружное давление по формуле 13 [2]:



где допускаемое давление из условий прочности определяем по формуле 14 [2]:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/35/32/7653235.png 1,60 МПа

Допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости определяем по формуле 15 [2]:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/13/32/7653213.png

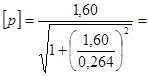
http://www.bestreferat.ru/images/paper/14/32/7653214.png

где , расчетная длина обечайки l=L1 +l3эл +l3кон +L2 +l3сф , http://www.bestreferat.ru/images/paper/15/32/7653215.png ; http://www.bestreferat.ru/images/paper/36/32/7653236.png 0,14м; ; l=2,0+0,167+0,14+1,8+0,267=4,374м

http://www.bestreferat.ru/images/paper/37/32/7653237.png 4,08

значит, выбираем B1 = 1.

http://www.bestreferat.ru/images/paper/38/32/7653238.png 0,264 МПа

 0,260 МПа

Принимаем толщину стенки корпуса s=12мм.

Расчёт цилиндрической части корпуса нагруженной осевыми усилиями.

Толщина стенки обечайки нагруженной осевым растягивающим усилием должна соответствовать условию:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/21/32/7653221.png

где http://www.bestreferat.ru/images/paper/40/32/7653240.png 0,0057 м

Осевое растягивающее усилие:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/41/32/7653241.png 3,22 МН.

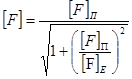
Допускаемое осевое растягивающее усилие:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/42/32/7653242.png

=7,65 МН ≥3,22 МН.

Условия s≥sp +c и [F]≥F выполняются.

Осевое сжимающее усилие рассчитываем по формуле (21) [2]:



Допускаемое осевое сжимающее усилие:

- из условия прочности (22) [2]

http://www.bestreferat.ru/images/paper/26/32/7653226.png 3,14∙(1,6+0,012+0,0005)∙(0,012-0,0005)∙112=6,52 МН

- в пределах упругости из условия устойчивости (23) [2]

[F]Е = min{[F]E 1 ;[F]E 2 }

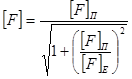
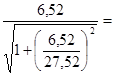
но при условии l/D=4,374/1,6=2,73<10 [F]Е = [F]E 1 ,

тогда [F]E 1 находим по формуле (24) [2]

http://www.bestreferat.ru/images/paper/27/32/7653227.png

http://www.bestreferat.ru/images/paper/43/32/7653243.png 27,52 МН

с учетом обоих условий по формуле (21) [2]:

 = 6,34 МН

Осевое сжимающее усилие – это усилие прижатия днища к обечайке атмосферным давлением, которое может быть рассчитано (Приложение 3 «Пример расчета аппарата»[5]):

F=0,25∙π∙(D+2s)2 ∙p=0,25∙3,14∙(1,6+2∙0,012)2 ∙0,101=0,21 МН

Так как обечайка корпуса при атмосферном давлении и отсутствия давления внутри аппарата работает под совместным действием наружного давления 0,1 МПа и осевого сжимающего усилия F, должно выполняться условие устойчивости:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/45/32/7653245.png

Проверяем условие устойчивости:

http://www.bestreferat.ru/images/paper/46/32/7653246.png 0,90≤1

Устойчивость обечайки корпуса с толщиной стенки 12 мм выполняется.

**Практическое занятие № 16: Расчет температуры и давления в реакторе**

**Цель:** изучить методику расчета температуры и давления в реакторе, изучить влияние температуры на скорость реакции.

Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

Задачи:

1. Приобрести практические навыки расчета температуры и давления в реакторе.

2. Закрепить умения, подтверждающие теоретические знания.

Место проведения: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

Время выполнения: 5 часов

Материально-техническое обеспечение:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

Критерии оценок: приложение №1.

Для нахождения оптимальных условий проведения химико-технологического процесса необходимо всегда оценивать влияние температуры на скорость химической реакции. Зависимость константы скорости химической реакции от температуры определяется уравнением Аррениуса

k = k0е -Е/RТ (1.9)

Пример 1.

При 4000С скорость химической реакции в 10 раз меньше, чем при 4500С.

Какова энергия активации процесса, если движущая сила не изменилась с

изменением температуры?

Решение.

Скорость процесса определяется уравнением (1.1). При изменении

температуры изменяется константа скорости согласно уравнению (1.9).

При 4000С u1=k1Δс

При 4500С u2=k2Δс

u1/u2 = k1/ k2 = k0е -Е/RТ2/ k0е -Е/RТ1 = е Е/R(1–Т1)/(1–Т2)

Откуда:

Е/R(1/Т1 – 1/Т2)lgе = lg10;

Е/8.31 1/673 – 1/723)lgе = 1;

Е = 174000 кДж/моль.

ОСНОВНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РЕАКТОРОВ

Химическим реактором называют аппарат, в котором осуществляют

химико-технологические процессы, сочетающие химические реакции с тепло-

и массообменном. От правильности выбора типа реактора и от его

совершенства зависит эффективность всего процесса. Многообразие

химических процессов обусловливает и разнообразие химических реакторов,

используемых в них. В соответствии с этим и классификация реакторов может

быть осуществлена по различным признакам. Наиболее существенным для

расчетов является деление реакторов по времени работы, а именно,

1) периодического действия; 2) непрерывного действия с установившимся и

неустановившимся потоками. Такое деление реакторов применимо как для

гомогенных, так и для гетерогенных процессов, протекающих в кинетической

области, так как математическое описание процессов будет одинаковым.

Современные крупнотоннажные химические процессы осуществляются в

основном в реакторах непрерывного действия.

Для определения конструкции и размеров любого реактора необходимы

сведения: 1) о скоростях протекания химических реакций, тепло- и

массопередачи; 2) о гидродинамической обстановке в реакторе. Во всех случаях

исходным соотношением является материальный баланс, составленный по

одному из компонентов реакционной смеси. Их закона сохранения массы

вещества следует, что масса вещества, поступающего систему, должна быть

равна массе веществ, покидающих систему и остающихся в ней.

Материальный баланс можно представить в виде дифференциальных

уравнений, относящихся к единице объема. Уравнение материального баланса,

составленное для основного исходного вещества, содержит следующие

составляющие: (количество вещества, поступающего в элементарный объем в единицу времени Gприх) = (количество вещества, выходящего из элементарного объема вединицу времени Gуб) + (скорость расходования исходного вещества в результате химической реакции, протекающей в элементарном объеме Gх.р) + (скорость накопления вещества в элементарном объеме G нак) (2.1)

Если концентрация вещества во всем объеме реактора одинакова, то

материальный баланс можно составить для всего аппарата. Если же

концентрация вещества различна в разных точках реакционного пространства,

то материальный баланс составляется для элементарного объема, и затем

уравнение интегрируют в соответствии с распределением потоков и

концентраций в объеме реактора.

Если реакция протекает в неизотермических условиях, то материальный

баланс рассматривают совместно с тепловым. Тепловой баланс записывается

аналогично материальному в следующем виде: (количество теплоты, поступающего в элементарный объем в единицу времени) = (количество теплоты, отданное элементарным объемом в единицу времени) + (скорость расходования исходного вещества в результате химической реакции, протекающей в элементарном объеме) + (скорость накопления вещества в элементарном объеме) (2.2)

Для расчета реакторов используют их идеализированные модели. Обычно

выделяют три типа идеальных реакторов:

а) периодический реактор полного смешения;

б) проточный реактор идеального вытеснения;

в) проточный реактор полного смешения.

Реактор смешения периодического действия – аппарат, в который

единовременно загружаются исходные компоненты и находятся в нем

определенное время, до достижения необходимой степени превращения. Затем

полученную смесь выгружают. В таком реакторе состав реакционной массы

одинаков во всем объеме и непрерывно изменяется во времени.

Материальный баланс реактора периодического действия в соответствии

с уравнением (2.1) запишется (Qприх = 0, Gуб = 0):

uА · v = + dG/dτ = 0 (2.3)

dG/dτ = d [Gнач (1 –хА)] / dτ = – Снач(d хА/dτ) (2.4)

Подставляя это соотношение в (2.3), получим:

uА · v = Снач (dхА/dτ) (2.5)

Откуда после разделения переменных и интегрирования находим

хА

τ = Снач ∫(dхА/ uА · v) (2.6)

0

где Gнач – начальное количество исходного вещества; v – объем

реакционного пространства; хА – степень превращения исходного вещества;

Снач – начальная концентрация исходного вещества.

Уравнение (2.6) позволяет определить необходимое время пребывания

реагентов в реакторе периодического действия для достижения заданной

степени превращения. При постоянном реакционном объеме уравнение (2.6)

приобретает вид:

хА Скон

τ = ( Снач/ v) ∫(dхА/ uА = Снач ∫(dхА/ uА (2.7)

0 Снач

При изменении реакционного объема v в уравнении (2.6) примет вид:

хА хА

τ = Снач ∫[dхА/ uА \* vнач( 1 +βхА)] = Снач ∫dхА/ uА \* ( 1 +βхА) (2.8)

0 0

где β = vхА =1 – vхА =0/VхА =0.

Пользуясь уравнениями (2.6) и (2.8), можно определить размеры

изотермического реактора периодического действия. В случае

неизотермических процессов для решения этих уравнений необходимо

располагать зависимостями скорости реакции от температуры, а также

зависимостью количества выделяющейся теплоты от степени превращения.

Реактор идеального вытеснения характеризуется тем, что любой элемент

объема реагирующей среды движется по высоте (длине) реактора параллельно

другим элементам, не смешиваясь с предыдущим и последующими элементами

объема. Материальный баланс такого реактора при Gнач = 0 запишется в

следующем виде:

Gприх = Gуб + Gх.р. (2.9)

Gприх = САVсм (1–хА) (2.10)

где Vсм – объемный расход реакционной смеси

Gуб = VсмСА (1–хА – dхА) (2.11)

Gх.р = uАdv (2.12)

После подстановки значений составляющих материального баланса в

уравнение (2.9) и преобразований получим:

VсмСАdхА = uАdv (2.13)

хкон

τ = v/Vсм = Снач ∫[dхА/ uА (2.14)

хнач

Реактор полного смешения характеризуется тем, что любой элемент

объема реагирующей смеси мгновенно перемешивается со всей средой,

содержащейся в реакторе, так как скорость циркуляционных движений по

сечению и высоте аппарата во много раз больше, чем линейная скорость по оси.

В реакторе такого типа концентрация любого компонента равномерно

распределена по всему реакционному объему, и поэтому уравнение

материального баланса можно записать для всего объема реактора. Для

установившегося режима

Gприх = Gуб + Gх.р. (2.15)

VсмСнач = VсмСнач (1 – хкон) + uАконv (2.16)

где хкон – конечная степень превращения.

VсмСнач хкон) = uАконv (2.17)

v/Vсм = Снач хкон/uАкон = τ (2.18)

Так как

хкон = Снач – Скон/Снач,

то τ = Снач – Скон/uАкон (2.19)

Уравнения (2.18) и (2.19) представляют собой характеристические

уравнения проточного реактора идеального смешения и позволяют определить

неизвестную величину по заданным. В любом случае для реактора полного

смешения размер реактора, расход реагентов, начальные и конечные

концентрации могут быть определены только при условии, если известна

кинетика процесса.

Пример 1.

Имеется однослойный каталитический реактор, работающий при режиме

идеального вытеснения. В реакторе осуществляется обратимая экзотермическая

реакция окисления SО2 в фильтрующем слое ванадиевого катализатора

SО2 + 0.5О2 ↔ SО3

Определить: а) реакционный объем реактора, т.е. объем катализатора,

который следует загрузить в реактор, чтобы обеспечить степень превращения

SО2 в SО3, равную 0.5; б) диаметр реактора и высоту слоя катализатора.

Исходные данные: температура в слое катализатора равна 5700С (считаем

ее постоянной во всем слое), состав исходного газа: SО2 – 11% (об); О2 –

10% (об); N2 – 79% (об). Расход газа 15500м3·ч. Скорость газа в аппарате

1.4 м/с. Константа скорости реакции окисления SО2 в SО3 при 5850С

определится по формуле:

lgКр = (4905/Т) – 4.6455 (2.20)

Энергия активации Е =87800 кДж/моль. Коэффициент запаса с = 1.3

Решение.

В соответствии с уравнением (2.14) для реактора идеального вытеснения

х

τ = v/ Vсм = Снач ∫[dхА/ uА

0

Скорость реакции окисления диоксида серы до триоксида в

фильтрующем слое ванадиевого катализатора можно ориентировочно

определить в некоторых пределах изменения параметров процесса по

упрощенному уравнению Г.К.Борескова

u = (k /2а) (хр – х/х) 0.8 (2b – ах) 273/Т (2.21)

где а – начальная концентрация SО2 в газе, %(об); b – начальная

концентрация О2 в газе, % (об).

Подставив значение скорости из уравнения (2.21) в (2.14), получим

х

τ = v/ Vсм = ∫dх/[( k/2а) (хр – х/х) 0.8 (2b – ах) 273/Т] (2.22)

0

Для решения уравнения (2.22) воспользуемся методом графического

интегрирования. Для этого построим график в координатах (1/u) – х и найдем

площадь под кривой, ограниченную значениями х от 0 до 0.5. Чтобы построить

кривую, зададимся несколькими значениями в пределах от 0 до 0.5 и вычислим

подинтегральную величину. Определяем константу скорости процесса

окисления SО2 в SО3 для температуры 5700С

2.3lg 13.7/ k = 87800/8.310 (1/843 – 1/858) = 0.222

lg 13.7 – lgk = 0.222/2.3 = 0.0965lgk = lg 13.7 – 0.0965 = 1.04

k570 = 11.0

Равновесную степень превращения хр можно определить как отношение

равновесных концентраций

хр = Gр/Gмакс. = Ср SО2 /Ср SО2 + Ср SО3

или через константу равновесия и начальные концентрации реагентов по

уравнению:

хр = Кр/Кр + √(100 – 0.5 ахр)/ b – 0.5 ахр) (2.23)

lgКр = (4905/843) – 4.645 = 1.18; Кр = 15.15

хр =15.15 /15.15 + √(100 – 0.5 · 11хр)/ 10 – 0.5 · 11хр) (2.24)

Уравнение (2.24) решаем методом подстановки. хр = 0.79 (для заданной

температуры 5700С). Выбираем произвольные значения х в пределах от 0.1 до

0.5% х1 = 0.1, х2 = 0.2, х3 = 0.3, х4 = 0.4, х5 = 0.5 и подсчитываем значения 1/u,

пользуясь уравнением (2.21):

1/u = (2а /k) (х/хр – х) 0.8 (1/2b – ах) 843/Т

х1 = 0.1

1/u1 =(2 · 11/11)·(843/273)·(0.1/0.79 – 0.1) 0.8 (1/2 · 10 – 11 · 0.1) = 0.069

х2 = 0.2

1/u2 = (2 · 11/11)·(843/273)·(0.2/0.79 – 0.2)0.8 (1/2 · 10 – 11 · 0.2) = 0.145

х3 = 0.3; 1/u3 = 0.248

х4 = 0.4; 1/u4 = 0.4

х5 = 0.5; 1/u5 = 0.655

По найденным значениям 1/u и х строим график (рис.1).

Подсчет площади дает значение τ = 0.117с = 0.12 с. Определяем объем

катализатора (реакционный объем):

V = 0.12 · (15500/3600) · 1.3 = 0.675 м3

Площадь сечения реактора:

S = Vсм/w = (15500/3600) · (843/273) · (1/1.4) = 9.5 м3.

Диаметр аппарата:

D = √4S/π = √9.5 · 4/3.14 = √12.1 = 3.48 м.

Высота слоя катализатора:

h0 = V/ S = 0.675/9.5 = 0.071м = 71 мм.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТОВ КАТАЛИТИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ

Расчеты каталитических процессов и реакторов основаны на общих

уравнениях кинетики.

Основные технологические параметры гетерогенно-каталитических

процессов, которые задаются или определяются расчетом – это степень

превращения х, активность катализатора Акат, селективность Sкат, константа

скорости процесса k, время контакта реагентов с катализатором τ, объемная

скорость газа в слое катализатора Vг, производительность катализатора Пкат,

интенсивность катализатора i, его отравляемость α, оптимальная температура

процесса Топт и др.

Помимо этих характеристик для расчета каталитических реакторов

требуется определять основные размеры реактора, в том числе высоту слоя

катализатора, гидравлическое сопротивление и т.п.

На практике для каталитических реакций мерой активности катализатора

может служить соотношение констант скоростей каталитической реакции kкат и некаталитической k

Акат = kкат/k = е-Екат/RТ/е-Е/RТ = kеΔЕ/RТ (3.1)

где ΔЕ = Е – Екат –снижение энергии активации каталитической реакции

по сравнению с некаталитической.

Для сравнения активности катализаторов в различных условиях

используют в качестве меры активности интенсивность процесса на данном

катализаторе, выраженную в кг/(м3·ч):

А'кат = Gпр/vкатτ (3.2)

С активностью катализатора связана его производительность П = Gпр/τ и

интенсивность работы iкат кг/(м2·ч), которую можно определить по формулам

i кат = Vоб кон Спр ρпр (3.3)

или i =Vоб нач Сисх ρпр β (3.4)

где Спр и Сисх – концентрации продукта и основного исходного вещества,

мольные доли; ρпр – плотность продукта, кг/м3; Vоб – объемная скорость газа,

1/ч, представляющая собой отношение объема газовой смеси Vг (м3/ч) к

насыпному объему катализатора, м3

Vоб = Vг/v (3.5)

β – коэффициент пересчета начальной объемной скорости Vоб нач в

конечную Vоб кон, учитывающий изменение объема реакционной меси в

результате реакции.

Селективность катализатора Sкат равна скорости образования целевого

продукта, отнесенной к суммарной скорости превращения основного исходного

реагента по всем направлениям

Sкат = dGпрод/(νпрод/νисх)·( dGисх) (3.6)

где νпрод/νисх – отношение стехиометрических коэффициентов при

образовании продукта из основного исходного реагента.

Общую (интегральную) исходную селективность можно выразить так:

Sкат = Gц/G = Gц/Gц + Gпоб (3.7)

где Gц – количество основного исходного реагента, превращенного в

целевой продукт. Селективность иногда выражают в процентах.

Время пребывания τ в каталитических реакторах идеального вытеснения

одинаково для всех молекул. Фиктивное время пребывания

τф = v'кат/Vг = H/w (3.8)

где v'кат – полный объем катализатора, м3; Vг – расход газа, м3/ч; Н –

высота слоя катализатора; w – линейная скорость газа, отнесенная к полному

сечению реактора, м/ч.

Истинное время пребывания

τи = τср = τф /ε (3.9)

где ε = vсв/ vкат – порозность слоя ; vсв – свободный объем слоя, не занятый

катализатором, м3.

Объем катализатора vкат, необходимый чтобы обеспечить заданную

степень превращения, определяют по формуле

vкат = с Vг τф (3.10)

где с – коэффициент запаса, принимаемый для компенсации снижения

активности катализатора из-за отравления и механических потерь; τф –

фиктивное время контакта газа с катализатором; расход газа.

При известной удельной поверхности катализатора Sуд (в м2/м3), для

проточных реакторов вытеснения

u = dG/dτ = kvкат SудΔС (3.11)

где k – общая константа скорости процесса; ΔС – движущая сила.

Общее кинетическое уравнение каталитического взаимодействия газовых

реагентов на твердом катализаторе с учетом влияния основных параметров

технологического режима можно записать так

u = kе-Е/RТvкат Δр Рnβ (3.12)

где Δр – движущая сила процесса. выраженная через парциальные

давления реагентов; Р – рабочее давление, отнесенное к нормальному

атмосферному (р=1.01·105 Па), т.е. безразмерное давление; β – коэффициент

пересчета к нормальному давлению и температуре; n – общий порядок реакции.

При гетерогенном катализе на твердых пористых носителях уравнения

кинетики имеют различные формы в зависимости от стадии лимитирующей

общую скорость процесса.

Расчет каталитического реактора производится в определенной

последовательности. Например, возможны следующие стадии расчета

многопоточного реактора для проведения обратимой экзотермической реакции

в газовой фазе на твердом катализаторе:

1. Составление ориентировочной таблицы распределения выходов и

температур по полкам. Вычисление констант равновесия, определение

равновесного выхода и построение равновесной кривой. Расчет оптимальных

температур для каждой стадии процесса.

2. Составление материального баланса для реактора в целом и по

стадиям катализа. Определение объема газа и его компонентов на входе в

реактор, на выходе и на каждой стадии процесса.

3. Определение гидродинамических параметров работы реактора.

4. Определение объема загружаемого катализатора по стадиям процесса

(полкам) и по всему реактору.

5. Определение основных размеров реактора – площади сечения

внутреннего диаметра, высоты неподвижного слоя по данным материального

баланса, по найденным значениям рабочих скоростей газа, объема

катализатора, оптимальных температур.

6. Определение гидравлического сопротивления слоев катализатора и

реактора.

7. Составление теплового баланса по полкам реактора.

Пример 1.

Определить производительность 1 м3 катализатора синтеза аммиака при

следующих условиях: концентрация аммиака в конечном газе (на выходе из

реактора) Скон = 26.5% (об), в начальном газе (на входе в реактор) С нач = 2.7%

(об), объемная скорость газа Vоб = 45000 м3/(ч·м3) катализатора.

Решение.

Синтез аммиака основан на экзотермической обратимой реакции, идущей

с уменьшением объема

N2 + 3Н2 ↔ 2NН3 + q

Реакция синтеза аммиака требует большой энергии активации. Процесс

ведут в промышленности в присутствии катализатора при высоком давлении,

повышающем равновесную степень превращения, и при высокой температуре,

обеспечивающей достаточно большую скорость процесса, но в известной мере

смещающей равновесие в сторону исходных продуктов. Катализатором

синтеза аммиака служит железо с активаторами К2О, SiО2, Аl2О3, СаО. Однако

в оптимальных условиях проведения процесса фактический выход аммиака

невелик (х =18-22%) поэтому процесс ведут по циклической схеме.

В колонну синтеза подается циркуляционный газ, содержащий

несконденсировавшийся в холодильнике аммиака и свежая азото-водородная

смесь, в количестве, компенсирующем полученный продукт и потери.

Выход аммиака х отвечает содержанию его в азото-водородная смеси,

выходящей из реактора. В нашем случае

х = Скон – Снач/100 + Скон = 26.5 – 2.7/102.7 = 23.2%(о.)

или 0.232 мол. доли NН3.

Производительность катализатора в колонне синтеза аммиака при

данном давлении и составе азото-водородная смеси определяют по формуле,

аналогичной формуле (3.3)

П = 0.771х Vобβ

Здесь 0.771 – масса 1 м3 NН3; β – коэффициент, характеризующий

уменьшение объема газа в результате реакции синтеза аммиака, определяемый

по формуле:

β = 100 + Снач /100 + Скон =100 + 2.7/100 + 26.5 = 0.81

П = 0.771 · 0.232 · 45000 · 0.81 = 6500 кг/(ч·м3 катализатора).

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Задача №1.

Газ, выходящий из реактора окисления аммиака, быстро охлаждают для

конденсации из него основной части водяных паров. Газ содержит 9% (мол.)

оксида азота, 1% (мол.) диоксида азота и 8% (мол.) кислорода. До поступления

в абсорбционные колонны, где получается азотная кислота, газ окисляется до

отношения NО2 : NО, равного 5:1.

Требуется рассчитать объем реактора вытеснения, необходимый для

достижения указанной цели, в предположении, что охлаждение является

достаточно эффективным для поддержания постоянной температуры

реакционной смеси на уровне 200С. Расход газа в реактор составляет

10000 м3/ч, давление газа – 105 Па.

Задача №2.

Определить объем катализатора в колонне синтеза и время контакта газа

с катализатором по следующим исходным данным: производительность

реактора – 96 т NН3 в сутки; давление Р =800·1.01·105Па; температура Т =

5000С; объемная скорость – 60000 м3/(ч·м3) катализатора. Степень превращения

х = 20%. Свободный объем катализатора составляет 30% от общего его объема.

На 1 т NН3 расходуется 3000 м3 азото-водордной смеси. Для упрощения

расчета наличие инертных примесей не учитывается.

**Практическое занятие № 17: Расчет привода механических мешалок**

**Цель:** изучить методику расчета привода механических мешалок.

Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

Задачи:

1. Приобрести практические навыки расчета привода механических мешалок

2. Закрепить умения, подтверждающие теоретические знания.

Место проведения: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

Время выполнения: 5 часов

Материально-техническое обеспечение:

1. Методические рекомендации по теме;

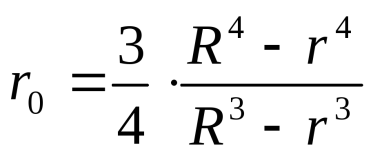
2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

Критерии оценок: приложение №1.

I. Расчет лопастных и рамных мешалок.

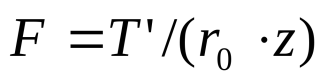
Лопасти мешалки рассчитывают на изгиб [2]. Для лопастей прямоугольной формы (рис. 3,7, а) равнодействующая сил сопротивления приложена в точке, расстояние которой от оси

, (3.1)

где R - радиус лопасти;

г - радиус ступицы;

Значение равнодействующей

, (3.2)

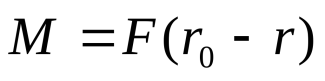
где Т’- крутящий момент на валу мешалки;

z - число лопастей (перекладин) у мешалки.

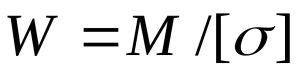
Для наклонной лопасти (рис. 3.7, б) сила, действующая перпендикулярно плоскости лопасти F1=F/cosα,

α - угол наклона лопасти.

Изгибающий момент у основания лопасти

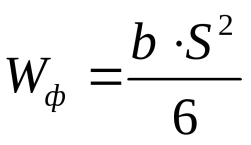
 (3.3)

Из условия прочности необходимый момент сопротивления лопасти

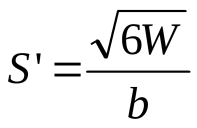
, (3.4)

где [σ] - допускаемое напряжение на изгиб для материала лопас­ти.

Для лопасти прямоугольного сечения фактический момент сопротивления поперечного сечения в месте присоединения ее к ступице равен

 (3.5)

Расчетная толщина лопасти

 (3.6)

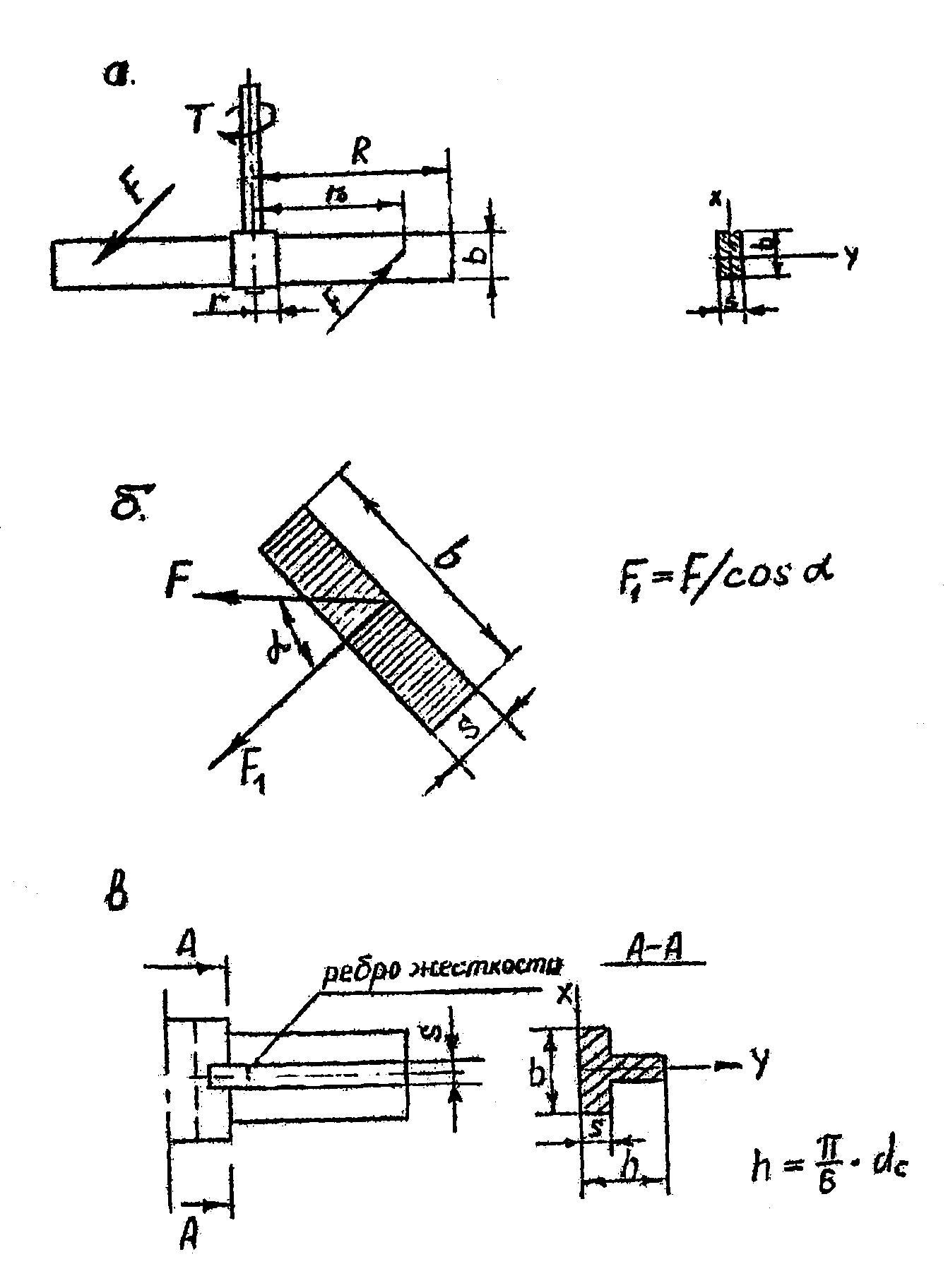


Рис.3.7. Схемы к расчету лопастных и рамных мешалок:

а – схема нагрузок на двухлопастную мешалку;

б – усилия, действующие на наклонную плоскость;

в – схема к расчету мешалки с ребрами жесткости

При расчете мешалок с ребрами жесткости предварительно вы­бирают толщину мешалки и размеры ребер (рис. 3.7, в), затем оп­ределяют фактический момент сопротивления составного сечения ме­тодами сопротивления материалов и сравнивают его е необходимым моментом сопротивления.

Должно выполняться условие WФ≥W.

2. Расчет турбинной открытой мешалки .

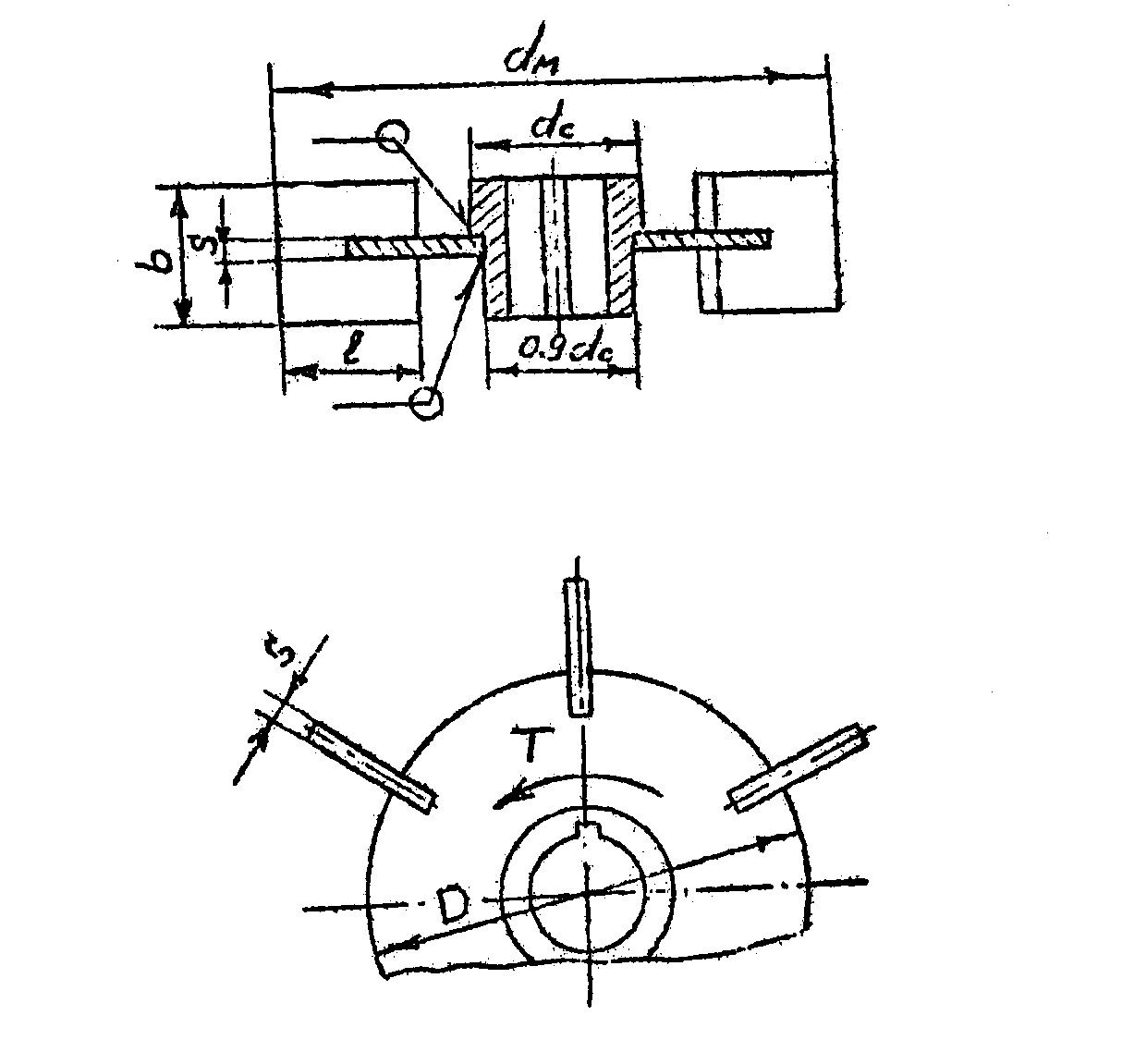
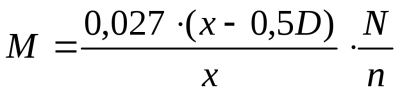


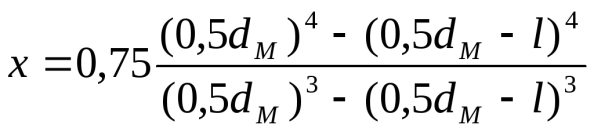
Рис. 3.8. Схема к расчету на прочность турбинной открытой мешалки

Расчетный изгибающий момент лопатки М в Н.м в сечении, параллельном оси вала и находящимся от неё на расстоянии, рав­ном половине диаметра диска D (рис. 3.8), определяется по формуле

, (3.7)

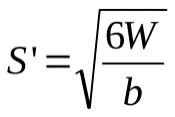
где N - расчетная мощность, Вт;

n - частота вращения мешалки, c-1.

, (3.8)

где l - длина лопатки, м.

Расчетный момент сопротивления лопатки при изгибе в расчетном сечении определяется по формуле (3.6).

Номинальная расчетная толщина лопатки S ׳ определяется аналогично лопастным перемешивающим устройствам. 

Конструктивная толщина лопатки

https://studfiles.net/html/2706/289/html_9nrKM_1KtV.kOcj/img-Ud2Tkr.png, (3.9)

где С и С1 - прибавка на коррозию и округление размера соответственно.

**Практическое занятие № 18: Расчет расхода водяного пара**

**Цель:** научиться производить расчет расхода водяного пара.

Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

Задачи:

1. Приобрести практические навыки по определению расхода водяного пара.

2. Закрепить умения, подтверждающие теоретические знания.

Место проведения: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

Время выполнения: 8 часов

Материально-техническое обеспечение:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

Критерии оценок: приложение №1.

**Расчет расхода водяного пара**

gв.п. = QB / r ,

где gв.п. – расход водяного пара, кг/ч; r – скрытая теплота испарения водяного пара при заданном давлении, r = 2056 кДж/кг = 490,69 ккал/кг ([3] – стр. 548, таблица LVI).

gв.п = 1926441 / 490,69 = 3925,98 кг/ч. Или 1.091 кг/с

**Расчет поверхности конденсатора – холодильника**

97 ,6°C 99,5°C

оборотная вода

50 °C 25 °C

∆tм = 47,4°С ∆tб = 74,2°С

∆tср = (∆tб – ∆tм) / ln (∆tб / ∆tм), (51)

∆tср = (74,2 – 47.4) / ln (74.2 / 47.4) = 59.8°С

F = Qd / (K · ∆tср), (52)

Принимаем K = 150 Вт/(м2·K) = 128,98 ккал/(м2·ч·°С).

Qd = 1946643,3 ккал/ч

F = 1946643,3 / (128,98 · 59,8) = 252,37 м2.

16. Расчет расхода воды

Qd = gоб.в. · c · ∆tоб.в., (53)

об.в. = Qd / (c · ∆tоб.в.),

где c – теплоемкость воды, c = 1 ккал/кг;

gоб.в. – расход оборотной воды, кг/ч.

∆tоб.в.= 50 – 25 = 25 °С.

gоб.в. =1946643,3 / (1 · 25) = 77865,73кг/ч.

**Расчет поверхности кипятильника**

t13 = 125,6 °C t14 = 126,5 °C

tв.п. = 169.6°C tв.п. = 169.6 °C

∆tн = 44.6 °С ∆tк = 42,8 °С

При tв.п. = 170 °С давление насыщенного водяного пара составляет

P = 8,08 кгс/см2 = 7,927 · 105 Па ([3] – стр. 548, таблица LVI).

∆tср = (∆tн + ∆tк) / 2 = 43.7°С.

Эффективность работы кипятильника принимаем приблизительно 50 °С.

F = QB / (K · ∆tср),

где для кипятильника, обогреваемого конденсирующимся водяным паром K = 290 ÷ 870 Вт/(м2·K) ([2] – стр. 515).

Принимаем K = 300 Вт/(м2·K) = 257,954 ккал/(м2·ч·°С).

QB = 1926441 кДж/ч.

F = 1926441 / (257,954 · 43.7) = 170.896 м2.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Чем отличается испарение от кипения?
2. Увеличится или уменьшится удельный объем сухого насыщенного пара при повышении его давления?
3. Что такое теплота парообразования?
4. Что такое степень сухости?
5. Как определить параметры кипящей воды?
6. Как определить параметры сухого насыщенного пара?
7. Как определить теплоту перегрева пара?
8. Как изображаются процессы водяного пара на идиаграммах?

Примеры решения задач

Задача 1. Состояние водяного пара задано параметрами: https://studfiles.net/html/2706/1029/html_WQcyTdJZsG.XbMc/img-urPMVK.png = 2 МПа,

https://studfiles.net/html/2706/1029/html_WQcyTdJZsG.XbMc/img-RJUx0g.png= 550 оС. Определить, пользуясь диаграммой начальное состояние пара и его параметры (https://studfiles.net/html/2706/1029/html_WQcyTdJZsG.XbMc/img-ncUe2k.png), а также параметры https://studfiles.net/html/2706/1029/html_WQcyTdJZsG.XbMc/img-9bpklN.pngи состояние пара, если происходит его адиабатное расширение до давленияhttps://studfiles.net/html/2706/1029/html_WQcyTdJZsG.XbMc/img-2wssb8.png= 0,02 МПа. Определить также работу, совершенную паром при адиабатном расширении

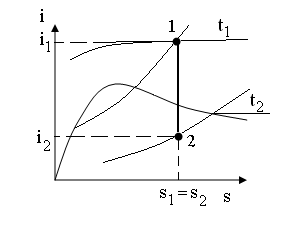


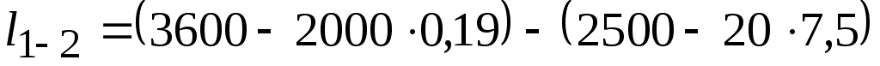
Рис.1

Решение. Пользуясь диаграммой (П. «М») определим начальное состояние пара. На пересечении изобары= 2 МПа и изотермы= 550оС обозначим точку 1, определяющую начальное состояние и параметры водяного пара. В точке 1 пар перегретый. Параметры пара: = 2 МПа,= 550оС, 1= 3600 кДж/кг, 1= 6,7 кДж/кг·К, = 0,19 м3/кг.

Для определения параметров пара после адиабатного расширения нанесем на диаграмму адиабату 1-2 (=6,7 кДж/кг·К) и обозначим точку 2, определяющую состояние и параметры пара. В точке 2 пар влажный.Параметры пара: = 0,02 МПа,2= 2500 кДж/кг, = 6,7 кДж/кг·К,= 7,5 м3/кг. Температуру пара можно определить из таблицы водяного пара (П. «Л») или по диаграмме на пересечении изобары с верхней пограничной кривой. Таким образом, = 60оС. Степень сухости = 0,95.

Работу, совершенную в адиабатном процессе определим по формуле:

https://studfiles.net/html/2706/1029/html_WQcyTdJZsG.XbMc/img-egHkVm.png, (20)

тогда =870кДж/кг.

Ответ: Точка 1 –пар перегретый, = 2 МПа,= 550оС, 1= 3600 кДж/кг, 1= 6,7 кДж/кг·К, = 0,19 м3/кг; точка 2 – пар влажный, = 0,02 МПа,= 60оС, 1= 3600 кДж/кг, = 6,7 кДж/кг·К,= 7,5 м3/кг. 870кДж/кг.

**Тема: Коррозионный износ аппаратов**

**Практическое занятие № 19: Изучение правил устройства аппаратов, работающих под давлением**.

**Цель:** изучить особенности правил устройства аппаратов, работающих под давлением. Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

Задачи:

1. Приобрести практические навыки особенностей устройства аппаратов, работающих под давлением.

2. Закрепить умения, подтверждающие теоретические знания.

Место проведения: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

Время выполнения: 10 часов

Материально-техническое обеспечение:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

Критерии оценок: приложение №1.

КОНСТРУКЦИЯ И ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА СОСУДОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОДДАВЛЕНИЕМ.

Конструкция сосудов должна обеспечивать надежность и безопасность эксплуатации в течение расчетного срока службы и предусматривать возможность проведения технического освидетельствования, очистки, промывки, полного опорожнения, продувки, ремонта, эксплуатационного контроля металла и соединений.

Для каждого сосуда должен быть установлен и указан в паспорте расчетный срок службы с учетом условий эксплуатации.

Устройства, препятствующие наружному и внутреннему осмотрам сосудов (мешалки, змеевики, рубашки, тарелки, перегородки и другие приспособления), должны быть, как правило, съемными.

При применении приварных устройств должна быть предусмотрена возможность их удаления для проведения наружного и внутреннего осмотров и последующей установки на место. Порядок съема и установки этих устройств должен быть указан в руководстве по эксплуатации сосуда.

Если конструкция сосуда не позволяет проведение наружного и внутреннего осмотров или гидравлического испытания, предусмотренных требованиями Правил, разработчиком проекта сосуда в руководстве по эксплуатации должны быть указаны методика, периодичность и объем контроля, выполнение которых обеспечит своевременное выявление и устранение дефектов. В случае отсутствия в руководстве таких указаний методика, периодичность и объем контроля определяются специализированной организацией.

Конструкции внутренних устройств должны обеспечивать удаление из сосуда воздуха при гидравлическом испытании и воды после гидравлического испытания.

Сосуды должны иметь штуцера для наполнения и слива воды, а также для удаления воздуха при гидравлическом испытании.

На каждом сосуде должны быть предусмотрены вентиль, кран или другое устройство, позволяющее осуществлять контроль за отсутствием давления в сосуде перед его открыванием; при этом отвод среды должен быть направлен в безопасное место.

Расчет на прочность сосудов и их элементов должен производиться по НД, согласованной с Ростехнадзором. Сосуды, предназначенные для работы в условиях циклических и знакопеременных нагрузок, должны быть рассчитаны на прочность с учетом этих нагрузок.

При отсутствии нормативного метода расчет на прочность должен выполняться по методике, согласованной со специализированной научно-исследовательской организацией.

Сосуды, которые в процессе эксплуатации изменяют свое положение в пространстве, должны иметь приспособления, предотвращающие их самоопрокидывание.

Конструкция сосудов, обогреваемых горячими газами, должна обеспечивать надежное охлаждение стенок, находящихся под давлением, до расчетной температуры.

Для проверки качества приварки колец, укрепляющих отверстия для люков, лазов и штуцеров, должно быть резьбовое контрольное отверстие в кольце, если оно приварено снаружи, или в стенке, если кольцо приварено с внутренней стороны сосуда.

Данное требование распространяется также и на привариваемые снаружи к корпусу накладки или другие укрепляющие элементы.

Наружные глухие элементы (например, накладки), не работающие под давлением, должны иметь дренажные отверстия в самых низких местах.

Заземление и электрическое оборудование сосудов должны соответствовать правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей в установленном порядке.

ДОКУМЕНТАЦИЯ И МАРКИРОВКА.

Каждый сосуд должен поставляться изготовителем заказчику с паспортом установленной формы.

К паспорту прикладывается руководство по эксплуатации.

Элементы сосудов (корпуса, обечайки, днища, крышки, трубные решетки, фланцы корпуса, укрупненные сборочные единицы), предназначенные для реконструкции или ремонта, должны поставляться изготовителем с удостоверением о качестве изготовления, содержащим сведения в объеме согласно требованиям соответствующих разделов паспорта.

На каждом сосуде должна быть прикреплена табличка. Для сосудов наружным диаметром менее 325 мм допускается табличку не устанавливать. При этом все необходимые данные должны быть нанесены на корпус сосуда электрографическим методом.

На табличке должны быть нанесены:

товарный знак или наименование изготовителя;

наименование или обозначение сосуда;

порядковый номер сосуда по системе нумерации изготовителя;

год изготовления;

рабочее давление, МПа;

расчетное давление, МПа;

пробное давление, МПа;

допустимая максимальная и (или) минимальная рабочая температура стенки, град. С;

масса сосуда, кг.

АРМАТУРА, КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации сосуды в зависимости от назначения должны быть оснащены (приложение № 3):

запорной или запорно-регулирующей арматурой;

приборами для измерения давления;

приборами для измерения температуры;

предохранительными устройствами;

указателями уровня жидкости.

ЗАПОРНАЯ И ЗАПОРНО – РЕГУЛИРУЮЩАЯ АРМАТУРА

Запорная и запорно-регулирующая арматура должна устанавливаться на штуцерах, непосредственно присоединенных к сосуду, или на трубопроводах, подводящих к сосуду и отводящих из него рабочую среду. В случае последовательного соединения нескольких сосудов необходимость установки такой арматуры между ними определяется разработчиком проекта (приложение № 3).

Арматура должна иметь следующую маркировку:

наименование или товарный знак изготовителя;

условный проход, мм;

условное давление, МПа (допускается указывать рабочее давление и допустимую температуру);

направление потока среды;

марку материала корпуса.

Количество, тип арматуры и места установки должны выбираться разработчиком проекта сосуда исходя из конкретных условий эксплуатации и требований Правил.

На маховике запорной арматуры должно быть указано направление его вращения при открывании или закрывании арматуры.

Арматуру, имеющую маркировку, но не имеющую паспорта, допускается применять после проведения ревизии арматуры, испытания и проверки марки материала. При этом владельцем арматуры должен быть составлен паспорт.

Затворы дисковые

Задвижки стальные

Клапаны обратные

Краны шаровые

МАНОМЕТРЫ

Каждый сосуд и самостоятельные полости с разными давлениями должны быть снабжены манометрами прямого действия. Манометр устанавливается на штуцере сосуда или трубопроводе между сосудом и запорной арматурой.

Манометры должны иметь класс точности не ниже:

2,5 - при рабочем давлении сосуда до 2,5 МПа (25 кгс/см2),

1,5 - при рабочем давлении сосуда выше 2,5 МПа (25 кгс/см2).

Манометр должен выбираться с такой шкалой, чтобы предел измерения рабочего давления находился во второй трети шкалы.

На шкале манометра владельцем сосуда должна быть нанесена красная черта, указывающая рабочее давление в сосуде. Взамен красной черты разрешается прикреплять к корпусу манометра металлическую пластину, окрашенную в красный цвет и плотно прилегающую к стеклу манометра.

Манометр должен быть установлен так, чтобы его показания были отчетливо видны обслуживающему персоналу.

Номинальный диаметр корпуса манометров, устанавливаемых на высоте до 2 м от уровня площадки наблюдения за ними, должен быть не менее 100 мм, на высоте от 2 до 3 м - не менее 160 мм.

Установка манометров на высоте более 3 м от уровня площадки не разрешается.

Между манометром и сосудом должен быть установлен трехходовой кран или заменяющее его устройство, позволяющее проводить периодическую проверку манометра с помощью контрольного.

В необходимых случаях манометр в зависимости от условий работы и свойств среды, находящейся в сосуде, должен снабжаться или сифонной трубкой, или масляным буфером, или другими устройствами, предохраняющими его от непосредственного воздействия среды и температуры и обеспечивающими его надежную работу.

Манометры и соединяющие их с сосудом трубопроводы должны быть защищены от замерзания.

Манометр не допускается к применению в случаях, когда:

-отсутствует пломба или клеймо с отметкой о проведении поверки;

просрочен срок поверки;

-стрелка при его отключении не возвращается к нулевому показанию шкалы на величину, превышающую половину допускаемой погрешности для данного прибора;

-разбито стекло или имеются повреждения, которые могут отразиться на правильности его показаний.

Поверка манометров с их опломбированием или клеймением должна производиться не реже одного раза в 12 месяцев. Кроме того, не реже одного раза в 6 месяцев владельцем сосуда должна производиться дополнительная проверка рабочих манометров контрольным манометром с записью результатов в журнал контрольных проверок. При отсутствии контрольного манометра допускается дополнительную проверку производить проверенным рабочим манометром, имеющим с проверяемым манометром одинаковую шкалу и класс точности.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Сосуды, работающие при изменяющейся температуре стенок, должны быть снабжены приборами для контроля скорости и равномерности прогрева по длине и высоте сосуда и реперами для контроля тепловых перемещений.

Необходимость оснащения сосудов указанными приборами и реперами, а также допустимая скорость прогрева и охлаждения сосудов определяются разработчиком проекта и указываются изготовителем в паспорте сосуда или в руководстве по эксплуатации.

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ОТ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ.

Каждый сосуд (полость комбинированного сосуда) должен быть снабжен предохранительными устройствами от повышения давления выше допустимого значения.

В качестве предохранительных устройств применяются:

-пружинные предохранительные клапаны;

-рычажно-грузовые предохранительные клапаны;

-импульсные предохранительные устройства (ИПУ), состоящие из главного предохранительного клапана (ГПК) и управляющего импульсного клапана (ИПК) прямого действия;

-предохранительные устройства с разрушающимися мембранами (мембранные предохранительные устройства - МПУ);

-другие устройства, применение которых согласовано с Госгортехнадзором России.

Установка рычажно-грузовых клапанов на передвижных сосудах не допускается.

-пружинный клапан Рычажно – грузовой клапан

Конструкция пружинного клапана должна исключать возможность затяжки пружины сверх установленной величины, а пружина должна быть защищена от недопустимого нагрева (охлаждения) и непосредственного воздействия рабочей среды, если она оказывает вредное действие на материал пружины.

Конструкция пружинного клапана должна предусматривать устройство для проверки исправности действия клапана в рабочем состоянии путем принудительного открывания его во время работы.

Допускается установка предохранительных клапанов без приспособления для принудительного открывания, если последнее нежелательно по свойствам среды (взрывоопасная, горючая, 1-го и 2-го классов опасности по ГОСТ 12.1.007-76) или по условиям технологического процесса. В этом случае проверка срабатывания клапанов должна осуществляться на стендах.

Если рабочее давление сосуда равно или больше давления питающего источника и в сосуде исключена возможность повышения давления от химической реакции или обогрева, то установка на нем предохранительного клапана и манометра необязательна.

Сосуд, рассчитанный на давление меньше давления питающего его источника, должен иметь на подводящем трубопроводе автоматическое редуцирующее устройство с манометром и предохранительным устройством, установленными на стороне меньшего давления после редуцирующего устройства.

В случае установки обводной линии (байпаса) она также должна быть оснащена редуцирующим устройством.

Для группы сосудов, работающих при одном и том же давлении, допускается установка одного редуцирующего устройства с манометром и предохранительным клапаном на общем подводящем трубопроводе до первого ответвления к одному из сосудов.

В этом случае установка предохранительных устройств на самих сосудах необязательна, если в них исключена возможность повышения давления.

В случае, когда автоматическое редуцирующее устройство вследствие физических свойств рабочей среды не может надежно работать, допускается установка регулятора расхода. При этом должна предусматриваться защита от повышения давления.

Количество предохранительных клапанов, их размеры и пропускная способность должны быть выбраны по расчету так, чтобы в сосуде не создавалось давление, превышающее расчетное более чем на 0,05 МПа (0,5 кгс/см2) для сосудов с давлением до 0,3 МПа (3 кгс/см2), на 15% - для сосудов с давлением от 0,3 до 6,0 МПа (от 3 до 60 кгс/см2) и на 10% - для сосудов с давлением свыше 6,0 МПа (60 кгс/см2).

При работающих предохранительных клапанах допускается превышение давления в сосуде не более чем на 25% рабочего при условии, что это превышение предусмотрено проектом и отражено в паспорте сосуда.

Предохранительное устройство изготовителем должно поставляться с паспортом и инструкцией по эксплуатации.

Предохранительные устройства должны устанавливаться на патрубках или трубопроводах, непосредственно присоединенных к сосуду.

Присоединительные трубопроводы предохранительных устройств (подводящие, отводящие и дренажные) должны быть защищены от замерзания в них рабочей среды.

Отбор рабочей среды из патрубков (и на участках присоединительных трубопроводов от сосуда до клапанов), на которых установлены предохранительные устройства, не допускается.

Предохранительные устройства должны быть размещены в местах, доступных для их обслуживания.

Установка запорной арматуры между сосудом и предохранительным устройством, а также за ним не допускается.

Арматура перед (за) предохранительным устройством может быть установлена при условии монтажа двух предохранительных устройств и блокировки, исключающей возможность одновременного их отключения.

Сбрасываемые токсичные, взрыво- и пожароопасные технологические среды должны направляться в закрытые системы для дальнейшей утилизации или в системы организованного сжигания.

Запрещается объединять сбросы, содержащие вещества, которые способны при смешивании образовывать взрывоопасные смеси или нестабильные соединения.

Мембранные предохранительные устройства устанавливаются:

вместо рычажно-грузовых и пружинных предохранительных клапанов, когда эти клапаны в рабочих условиях конкретной среды не могут быть применены вследствие их инерционности или других причин;

-перед предохранительными клапанами в случаях, когда предохранительные клапаны не могут надежно работать вследствие вредного воздействия рабочей среды (коррозия, эрозия, полимеризация, кристаллизация, прикипание, примерзание) или возможных утечек через закрытый клапан взрыво- и пожароопасных, токсичных, экологически вредных и т.п. веществ. В этом случае должно быть предусмотрено устройство, позволяющее контролировать исправность мембраны;

-параллельно с предохранительными клапанами для увеличения пропускной способности систем сброса давления;

-на выходной стороне предохранительных клапанов для предотвращения вредного воздействия рабочих сред со стороны сбросной системы и для исключения влияния колебаний противодавления со стороны этой системы на точность срабатывания предохранительных клапанов.

Мембранный предохранительный клапан.

Необходимость и место установки мембранных предохранительных устройств и их конструкцию определяет проектная организация.

Предохранительные мембраны должны быть маркированы, при этом маркировка не должна оказывать влияния на точность срабатывания мембран.

Содержание маркировки:

-наименование (обозначение) или товарный знак изготовителя;

-номер партии мембран;

-тип мембран;

-условный диаметр;

-рабочий диаметр;

-материал;

-минимальное и максимальное давление срабатывания мембран в партии при заданной температуре и при температуре 20 град. С.

Маркировка должна наноситься по краевому кольцевому участку мембран либо мембраны должны быть снабжены прикрепленными к ним маркировочными хвостовиками (этикетками).

Порядок и сроки проверки исправности действия предохранительных устройств в зависимости от условий технологического процесса должны быть указаны в инструкции по эксплуатации предохранительных устройств, утвержденной владельцем сосуда в установленном порядке.

Результаты проверки исправности предохранительных устройств, сведения об их настройке записываются в сменный журнал работы сосудов лицами, выполняющими указанные операции.

УКАЗАТЕЛИ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ.

При необходимости контроля уровня жидкости в сосудах, имеющих границу раздела сред, должны применяться указатели уровня.

Кроме указателей уровня на сосудах могут устанавливаться звуковые, световые и другие сигнализаторы и блокировки по уровню.

Указатели уровня жидкости должны устанавливаться в соответствии с инструкцией изготовителя, при этом должна быть обеспечена хорошая видимость этого уровня.

На сосудах, обогреваемых пламенем или горячими газами, у которых возможно понижение уровня жидкости ниже допустимого, должно быть установлено не менее двух указателей уровня прямого действия.

Конструкция, количество и места установки указателей уровня определяются разработчиком проекта сосуда.

На каждом указателе уровня жидкости должны быть отмечены допустимые верхний и нижний уровни.

Верхний и нижний допустимые уровни жидкости в сосуде устанавливаются разработчиком проекта. Высота прозрачного указателя уровня жидкости должна быть не менее чем на 25 мм соответственно ниже нижнего и выше верхнего допустимых уровней жидкости.

При необходимости установки нескольких указателей по высоте их следует размещать так, чтобы они обеспечили непрерывность показаний уровня жидкости.

Указатели уровня должны быть снабжены арматурой (кранами и вентилями) для их отключения от сосуда и продувки с отводом рабочей среды в безопасное место.

При применении в указателях уровня в качестве прозрачного элемента стекла или слюды для предохранения персонала от травмирования при разрыве их должно быть предусмотрено защитное устройство.

РЕГИСТРАЦИЯ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЕ СОСУДОВ, РАЗРЕШЕНИЕ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ. ПАСПОРТ СОСУДА, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ДАВЛЕНИЕМ.

РЕГИСТРАЦИЯ СОСУДОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ДАВЛЕНИЕМ.

Сосуды, на которые распространяются Правила, до пуска их в работу должны быть зарегистрированы в органах Госгортехнадзора России.

Регистрации в органах Ростехнадзора не подлежат:

-сосуды 1-й группы, работающие при температуре стенки не выше 200 град. С, у которых произведение давления в МПа (кгс/см2) на вместимость в м3 (литрах) не превышает 0,05 (500), а также сосуды 2, 3, 4-й групп, работающие при указанной выше температуре, у которых произведение давления в МПа (кгс/см2) на вместимость в м3 (литрах) не превышает 1,0 (10 000). Группа сосудов определяется по табл. 5;

-аппараты воздухоразделительных установок и разделения газов, расположенные внутри теплоизоляционного кожуха (регенераторы, колонны, теплообменники, конденсаторы, адсорберы, отделители, испарители, фильтры, переохладители и подогреватели);

-резервуары воздушных электрических выключателей;

-бочки для перевозки сжиженных газов, баллоны вместимостью до 100 л включительно, установленные стационарно, а также предназначенные для транспортировки и (или) хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов;

-генераторы (реакторы) для получения водорода, используемые гидрометеорологической службой;

-сосуды, включенные в закрытую систему добычи нефти и газа (от скважины до магистрального трубопровода), к которым относятся сосуды, включенные в технологический процесс подготовки к транспорту и утилизации газа и газового конденсата: сепараторы всех ступеней сепарации, отбойные сепараторы (на линии газа, на факелах), абсорберы и адсорберы, емкости разгазирования конденсата, абсорбента и ингибитора, конденсатосборники, контрольные и замерные сосуды нефти, газа и конденсата;

-сосуды для хранения или транспортировки сжиженных газов, жидкостей и сыпучих тел, находящихся под давлением периодически при их опорожнении;

-сосуды со сжатыми и сжиженными газами, предназначенные для обеспечения топливом двигателей транспортных средств, на которых они установлены;

-сосуды, установленные в подземных горных выработках.

Регистрация сосуда производится на основании письменного заявления владельца сосуда. Для регистрации должны быть представлены (приложение № 2):

-паспорт сосуда установленной формы;

-удостоверение о качестве монтажа;

-схема включения сосуда с указанием источника давления, параметров, его рабочей среды, арматуры, контрольно-измерительных приборов, средств автоматического управления, предохранительных и блокирующих устройств. Схема должна быть утверждена руководством организации;

паспорт предохранительного клапана с расчетом его пропускной способности.

Удостоверение о качестве монтажа составляется организацией, производившей монтаж, и должно быть подписано руководителем этой организации, а также руководителем организации, являющейся владельцем сосуда, и скреплено печатями.

В удостоверении должны быть приведены следующие данные:

-наименование монтажной организации;

-наименование организации - владельца сосуда;

-наименование организации-изготовителя и заводской номер сосуда;

-сведения о материалах, примененных монтажной организацией, дополнительно к указанным в **паспорте**;

-сведения о сварке, включающие вид сварки, тип и марку электродов, о термообработке, режиме термообработки и диаграммы;

-фамилии сварщиков и термистов и номера их удостоверений;

-результаты испытаний контрольных стыков (образцов), а также результаты неразрушающего дефектоскопического контроля стыков;

-заключение о соответствии произведенных монтажных работ сосуда Правилам, проекту, техническим условиям и руководству по эксплуатации и пригодности его к эксплуатации при указанных в паспорте параметрах.

Орган Ростехнадзора обязан в течение 5 дней рассмотреть представленную документацию. При соответствии документации на сосуд требованиям Правил орган Госгортехнадзора России в паспорте сосуда ставит штамп о регистрации, пломбирует документы и возвращает их владельцу сосуда. Отказ от регистрации сообщается владельцу сосуда в письменном виде с указанием причин отказа и со ссылкой на соответствующие пункты Правил

При перестановке сосуда на новое место или передаче сосуда другому владельцу, а также при внесении изменений в схему его включения сосуд до пуска в работу должен быть перерегистрирован в органах Госгортехнадзора России.

Для снятия с учета зарегистрированного сосуда владелец обязан представить в орган Госгортехнадзора России заявление с указанием причин снятия и паспорт сосуда.

Для регистрации сосудов, не имеющих технической документации изготовителя, паспорт сосуда может быть составлен специализированной организацией, имеющей лицензию Госгортехнадзора России на проведение экспертизы промышленной безопасности технических устройств (сосудов).

РАЗРЕШЕНИЕ НА ВВОД СОСУДОВ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ.

Госгортехнадзора России, выдается инспектором после его регистрации на основании технического освидетельствования и проверки организации обслуживания и надзора, при которой контролируется:

наличие и исправность в соответствии с требованиями настоящих Правил арматуры, контрольно-измерительных приборов и приборов безопасности;

соответствие установки сосуда правилам безопасности;

правильность включения сосуда;

наличие аттестованного обслуживающего персонала и специалистов;

наличие должностных инструкций для лиц, ответственных за осуществление производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности при эксплуатации сосудов, работающих под давлением, ответственных за исправное состояние и безопасную эксплуатацию сосудов;

инструкции по режиму работы и безопасному обслуживанию, сменных журналов и другой документации, предусмотренной Правилами.

Разрешение на ввод в эксплуатацию сосуда, не подлежащего регистрации в органах Госгортехнадзора России, выдается лицом, назначенным приказом по организации для осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности при эксплуатации сосудов, работающих под давлением, на основании документации изготовителя после технического освидетельствования и проверки организации обслуживания.

Разрешение на ввод сосуда в эксплуатацию записывается в его паспорте.

На каждый сосуд после выдачи разрешения на его эксплуатацию должны быть нанесены краской на видном месте или на специальной табличке форматом не менее 200hello\_html\_m7959a1bc.gif150 мм:

регистрационный номер;

разрешенное давление;

число, месяц и год следующих наружного и внутреннего осмотров и гидравлического испытания.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЕ.

Чтобы обеспечить устойчивую и безопасную эксплуатацию сосудов, работающих под давлением, их подвергают техническому освидетельствованию: внутренний осмотр и гидравлическое испытание до ввода в работу, периодически в процессе эксплуатации и досрочно. Сосуды, зарегистрированные в органах надзора, проверяются инспектором по котлонадзору. Если конструктивные особенности сосуда не позволяют провести внутренний осмотр, он заменяется гидравлическим испытанием, пробным давлением и осмотром в доступных местах. Если же и гидравлическое испытание окажется .невозможным (скажем, из-за больших напряжений от веса воды в фундаменте, междуэтажных перекрытиях или самом сосуде, наличии внутри сосуда футеровки, препятствующей заполнению водой, трудности удаления воды и т. п.), разрешается производить пневматическое испытание (воздухом или инертным газом) при таком же пробном давлении. При этом пневматическое испытание (сжатым воздухом) разрешается только при условии удовлетворительных результатов caмoro тщательного внутреннего осмотра, проверки прочности сосуда расчетом и осуществления под строгим контролем некоторых мер безопасности (вывод за пределы помещения, где испытывается сосуд, вентиля на наполнительном трубопроводе от источника давления и манометра, удаления людей в безопасные места на время испытания сосуда пробным давлением и др.). Под пробным давлением сосуд находится 5 мин, после чего давление постепенно снижают до рабочего, осматривают сосуд, проверяют плотность его швов и разъемных соединений мыльным раствором или другим эффективным способом.

Остукиванне сосуда под давлением при пневматическом испытании опасно и запрещено.

Разрешается не производить гидравлическое испытание при техническом освидетельствовании новых сосудов, если с момента такого испытания, проведенного на заводе-изготовителе, не прошло 12 месяцев, если они не были повреждены при транспортировке и установке, а монтаж их проводился без сварки или пайки элементов, работающих под давлением.

Правилами установлено, что сосуды, находящиеся в эксплуатации и зарегистрированные в органах Госгортехнадзора, инспектор подвергает периодическому техническому освидетельствованию, в том числе: внутреннему осмотру с целью выявления состояния внутренних и наружных поверхностей и влияния среды на стенки сосудов — не реже одного раза в 4 года; гидравлическому испытанию с предварительным внутренним осмотром — не реже одного раза в 8 лет, при этом допускается использовать воду или другие некоррозионные, неядовитые, невзрывоопасные, невязкие жидкости.

Досрочное техническое освидетельствование сосудов необходимо после реконструкции и ремонта с применением сварки или пайки отдельных частей, работающих под давлением; если сосуд перед пуском в работу находился в бездействии более 1 года (за исключением случаев складской консервации, при которой освидетельствование сосудов обязательно перед пуском в эксплуатацию при хранении свыше 3 лет); если сосуд был демонтирован и установлен на новом месте; перед наложением на стенки сосуда защитного покрытия (если оно производится его владельцем); если досрочное освидетельствование необходимо по усмотрению инспектора, лица, осуществляющего надзор, или лица, ответственного за исправное состояние и безопасное действие сосуда.

Периодическое и внеочередное техническое освидетельствование сосудов производит инспектор Котлонадзора обязательно в присутствии работника бюро (отдела) по надзору или другого аттестованного инженерно-технического работника, назначенного администрацией, а также лица, ответственного за безопасную эксплуатацию этих объектов. При этом администрация предприятия должна заблаговременно не менее чем за 10 дней уведомить инспектора о готовности сосуда к освидетельствованию. В случае, если инспектор по какой-либо причине не явится в назначенный срок, администрация имеет право назначить приказом по предприятию комиссию из опытных, аттестованных специалистов для проведения технического освидетельствования. Его результаты, а также срок следующего освидетельствования заносятся в паспорт. Копия записи не позднее чем через 5 дней направляется в местный орган Госгортехнадзора. Допущенный к работе сосуд подлежит освидетельствованию не позже чем через 12 месяцев. Администрация предприятия, кроме освидетельствований инспектора, проводит:

внутренний осмотр и гидравлическое испытание перед пуском в работу всех вновь устанавливаемых сосудов, кроме тех, которые освидетельствует инспектор;

внутренний осмотр всех регистрируемых. и нерегистрируемых сосудов не реже чем через каждые 2 года, за исключением сосудов, которые работают в среде, вызывающей коррозию металла, и должны подвергаться внутреннему осмотру не реже чем через 12 месяцев.

Внутренний осмотр сосудов, включенных в системы с непрерывно действующим технологическим процессом, с некоррозиоиной рабочей средой, остановка которых по условиям производства невозможна, допускается совмещать с капитальным ремонтом или заменой катализатора, но не реже одного раза в 4 года.

При внутренних осмотрах сосудов должны быть выявлены и устранены все дефекты, снижающие их прочность;

периодический осмотр сосудов в рабочем состоянии;

гидравлическое испытание с предварительным внутренним осмотром сосудов, не регистрируемых в органах надзора,— не реже одного раза в 8 лет;

досрочное техническое освидетельствование нерегистрируемых сосудов.

При подготовке к осмотрам и гидравлическим испытаниям сосуд следует охладить (отогреть), освободить от заполняющей рабочей среды, отключить заглушками от всех трубопроводов, соединяющих его с источниками давления или другими сосудами, очистить от металла. Футеровка, изоляция и другая защита поверхностей сосуда частично или полностью удаляются в тех случаях, когда есть признаки дефектов в металле сосуда под защитным покрытием, например: неплотность футеровки, отдулин в гуммированном слое, следы пропуска изоляции и др. Вся арматура перед гидравлическим испытанием тщательно очищается и притирается, а крышки, люки и т. п. устанавливаются прочно и плотно, исключая возможность течи.

Сосуды с опасной для здоровья людей средой (сильнодействующими ядовитыми веществами и другими аналогичными средами) до проведения внутри них работ, а также перед внутренним осмотром подвергаются тщательной обработке (дегазации, нейтрализации) в соответствии с инструкцией по технике безопасности, разрабатываемой на предприятии. Чтобы избежать пожаров и взрывов в ходе внутреннего осмотра, ремонта, чистки и других работ, следует пользоваться только светильниками с напряжением не свыше 12 В (при взрывоопасных работах во взрывобезопасном исполнении).

Гидравлическое испытание сосудов и их элементов, работающих при температуре стенок до 2000С, при периодическом освидетельствовании проводится пробным давлением, которое определяется следующим образом:

Параметры испытания сосудов

- Сосуды

- Рабочее давление, кгс/см2

- Пробное давление на заводе-изготовителе

Все сосуды, кроме литых

Ниже 5

1,5 Р, но не менее 2 кгс/см2

То же

5 и выше

1,25 Р, но не менее Р+3 кгс/см2

Литые

Независимо от давления

1,5 Р, но не менее 3 кгс/см2

Гидравлическое испытание сосудов, работающих при температуре от 200 до 4000С, осуществляется давлением, превышающим рабочее не менее чем в 1,5 раза, а сосудов, эксплуатирующихся при температуре свыше 4000С,— давлением, превышающим рабочее не менее чем в 2 раза. Сосуд, как уже было сказано, находится под пробным давлением на протяжении 5 мин.

В результате технического освидетельствования сосуд можно признать выдержавшим испытание, если в нем не окажется признаков разрыва; не будет течи и потения в сварных швах, а при пневматическом испытании — пропуска газа (выход воды через заклепочные швы в виде пыли или капель «слезок» течью не считается); не будут замечены видимые остаточные деформации после испытаний.

В случае, если при освидетельствовании сосуда будет обнаружено, что он находится в опасном состоянии или имеет дефекты, вызывающие сомнения в его прочности, работа такого сосуда запрещается.

Инспектор или лицо, возглавляющее комиссию предприятия по техническому освидетельствованию, при каких-либо сомнениях в прочности сосуда может снизить разрешенное ранее рабочее давление и в паспорте сосуда сделать соответствующую запись. В случае выявления дефектов, при которых временная работа сосуда возможна, лицо, проводившее освидетельствование, может разрешить работу сосуда с соответствующим сокращением срока следующего освидетельствования, о чем в паспорте сосуда бн должен сделать обоснованную запись.

Владелец сосуда должен выполнять все требования Правил к его установке и арматуре

ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ (ПРНЕВМАТИЧЕСКОЕ) ИПЫТАНИЕ.

Гидравлическому испытанию подлежат все сосуды после их изготовления.

Сосуды, изготовление которых заканчивается на месте установки, транспортируемые на место монтажа частями, подвергаются гидравлическому испытанию на месте монтажа.

Сосуды, имеющие защитное покрытие или изоляцию, подвергаются гидравлическому испытанию до наложения покрытия или изоляции.

Сосуды, имеющие наружный кожух, подвергаются гидравлическому испытанию до установки кожуха.

Допускается эмалированные сосуды подвергать гидравлическому испытанию рабочим давлением после эмалирования.

Гидравлическое испытание вертикально устанавливаемых сосудов допускается проводить в горизонтальном положении при условии обеспечения прочности корпуса сосуда, для чего расчет на прочность должен быть выполнен разработчиком проекта сосуда с учетом принятого способа опирания в процессе гидравлического испытания.

При этом пробное давление следует принимать с учетом гидростатического давления, действующего на сосуд в процессе его эксплуатации.

В комбинированных сосудах с двумя и более рабочими полостями, рассчитанными на разные давления, гидравлическому испытанию должна подвергаться каждая полость пробным давлением, определяемым в зависимости от расчетного давления полости.

Порядок проведения испытания должен быть оговорен в техническом проекте и указан в руководстве по эксплуатации сосуда организации-изготовителя.

При заполнении сосуда водой воздух должен быть удален полностью.

Для гидравлического испытания сосудов должна применяться вода температурой не ниже 5 град. С и не выше 40 град. С, если в технических условиях не указано конкретное значение температуры, допускаемой по условию предотвращения хрупкого разрушения.

Разность температур стенки сосуда и окружающего воздуха во время испытаний не должна вызывать конденсации влаги на поверхности стенок сосуда.

По согласованию с разработчиком проекта сосуда вместо воды может быть использована другая жидкость.

Давление в испытываемом сосуде следует повышать плавно. Скорость подъема давления должна быть указана: для испытания сосуда в организации-изготовителе - в технической документации, для испытания сосуда в процессе работы - в руководстве по эксплуатации.

Использование сжатого воздуха или другого газа для подъема давления не допускается.

Давление при испытании должно контролироваться двумя манометрами. Оба манометра выбираются одного типа, предела измерения, одинаковых классов точности, цены деления.

Время выдержки сосуда под пробным давлением устанавливается разработчиком проекта.

После выдержки под пробным давлением давление снижается до расчетного, при котором производят осмотр наружной поверхности сосуда, всех его разъемных и сварных соединений.

Обстукивание стенок корпуса, сварных и разъемных соединений сосуда во время испытаний не допускается.

Сосуд считается выдержавшим гидравлическое испытание, если не обнаружено:

течи, трещин, слезок, потения в сварных соединениях и на основном металле;

течи в разъемных соединениях;

видимых остаточных деформаций, падения давления по манометру.

Сосуд и его элементы, в которых при испытании выявлены дефекты, после их устранения подвергаются повторным гидравлическим испытаниям пробным давлением, установленным Правилами.

Гидравлическое испытание, проводимое в организации-изготовителе, должно производиться на специальном испытательном стенде, имеющем соответствующее ограждение и удовлетворяющем требованиям безопасности и инструкции по проведению гидроиспытаний в соответствии с НД.

Гидравлическое испытание допускается заменять пневматическим при условии контроля этого испытания методом акустической эмиссии или другим, согласованным в установленном порядке методом.

Пневматические испытания должны проводиться по инструкции, предусматривающей необходимые меры безопасности и утвержденной в установленном порядке. Пневматическое испытание сосуда проводится сжатым воздухом или инертным газом.

Значение пробного давления и результаты испытаний заносятся в паспорт сосуда лицом, проводившим эти испытания.

ОСНОВНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОПАСНОСТИ ПРИМЕНЯЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ, МЕРЫ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ.

АВАРИЙНАЯ ОСТАНОВКА СОСУДОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Сосуд должен быть немедленно остановлен в случаях, предусмотренных инструкцией по режиму работы и безопасному обслуживанию, в частности:

- если давление в сосуде поднялось выше разрешенного и не снижается, несмотря на меры, принятые персоналом;

- при выявлении неисправности предохранительных устройств от повышения давления;

- при обнаружении в сосуде и его элементах, работающих под давлением, неплотностей, выпучин, разрыва прокладок;

- при неисправности манометра и невозможности определить давление по другим приборам;

- при снижении уровня жидкости ниже допустимого в сосудах с огневым обогревом;

- при выходе из строя всех указателей уровня жидкости;

- при неисправности предохранительных блокировочных устройств;

- при возникновении пожара, непосредственно угрожающего сосуду, находящемуся под давлением.

Порядок аварийной остановки сосуда и последующего ввода его в работу должен быть указан в инструкции.

Причины аварийной остановки сосуда должны записываться в сменный журнал.

**Тема: Подготовка оборудования к ремонту**

**Практическое занятие № 20: Проверка состояния оборудования**

**Цель:** научиться производить проверку состояния оборудования до ремонта и после.

Сформировать профессиональные и общие компетенции:

ОК. 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК. 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

Задачи:

1. Приобрести практические навыки по определению состояния оборудования

2. Закрепить умения, подтверждающие теоретические знания.

Место проведения: учебный кабинет для занятий по междисциплинарному курсу.

Время выполнения: 6 часов

Материально-техническое обеспечение:

1. Методические рекомендации по теме;

2. ПК и видеопроектор;

3. Презентация по теме.

Критерии оценок: приложение №1.

Смонтированное и отремонтированное оборудование для проверки качества ремонта и монтажа подвергают индивидуальным испытаниям: вхолостую (машины, механизмы и аппараты с приводом); на плотность и прочность (емкости и аппараты).

К началу индивидуальных испытаний должны быть завершены общестроительные работы, выполнены мероприятия, предусмотренные правилами техники безопасности, обеспечена подача электроэнергии, воды, пара, сжатого воздуха, а также закончены работы по устройству канализации и системы защиты (заземление и другие). Индивидуальные испытания оборудования вхолостую проводят по специальному графику с участием представителя заказчика и специализированных ремонтных и монтажных организаций.

Результаты испытания оборудования вхолостую и на плотность и прочность оформляются специальными актами.

Испытание аппаратов

Основными видами испытаний аппаратов на прочность и плотность являются гидравлическое и пневматическое испытания (рис. 11.1).

Перед проведением этих испытаний необходимо заглушить все штуцера и люки, не связанные с подсоединением к испытательному насосу. При проведении гидравлического испытания в верхней точке аппарата устанавливают воздушник и манометр, подключают к аппарату трубопроводы подачи и слива воды. Затем аппарат заполняют водой, полностью выпустив воздух, и закрывают воздушник. Второй манометр ставят у насоса для контроля. После этого насосом поднимают давление до рабочего и далее до пробного. Пробное давление выдерживают 10 мин, после чего давление снижают до рабочего, поддерживаемого в течение времени, необходимого для осмотра швов и уплотнительных соединений (табл. 11.1). При осмотре под рабочим давлением допускается обстукивание сварных и заклепочных швов аппаратов молотком весом от 0,5 до 1,5 кг, в зависимости от толщины стенки.

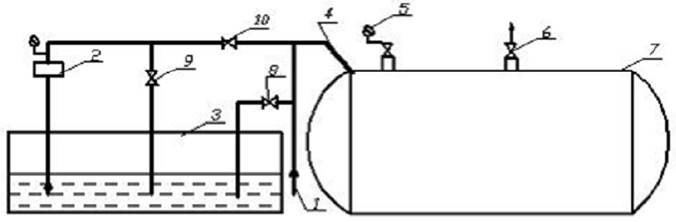


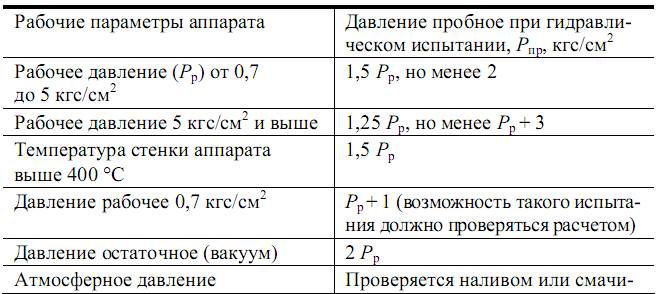
Рис. 11.1. Схема испытания гидравлическим способом аппарата на прочность:

1 – трубопровод от водопровода; 2 – насос; 3 – бачок для насоса; 4 – трубопровод для заполнения аппарата водой; 5 – манометр с 3-х ходовым краном; 6 – воздушник; 7 – испытательный аппарат; 8 – вентиль для заполнения бачка водой; 9 – вентиль для снижения давления в аппарате; 10 – запорный вентиль

При гидравлической опрессовке высоких колонных аппаратов следует учитывать величину гидростатического столба опрессовочной воды; поэтому перед опрессовкой по паспорту или расчетом проверяют допустимость гидравлического испытания в рабочем положении. Оно может проводиться, если нагрузка на стенку нижнего пояса аппарата от суммы пробного давления и давления столба жидкости не превышает 0,8 величины предела текучести металла корпуса при температуре опрессовки.

Если при заполнении аппарата водой при гидравлическом испытании в аппарате остается воздух, категорически запрещается испытание, так как при разрывах стенки корпуса аппарата возникает опасность травмирования персонала. При установлении рабочего или пробного давления стрелка манометра не должна отклоняться. Если она медленно, но постоянно отклоняется от установленного, это говорит о том, что в аппарате остался воздух при заполнении его водой.

Таблица 11.1. Пробные давления при гидравлическом испытании сварных аппаратов



В тех случаях, когда указанные условия не выполняются или возникает опасность перегрузки фундамента аппарата, по разрешению и в присутствии инспектора Госгортехнадзора можно производить опрессовку колонны воздухом или инертным газом.

При испытании сварных швов аппаратов, работающих под атмосферным давлением, смачиванием сварных швов керосином, время выдержки при испытании приведено в табл. 11.2.

Таблица 11.2. Время выдержки при испытании аппаратов керосином

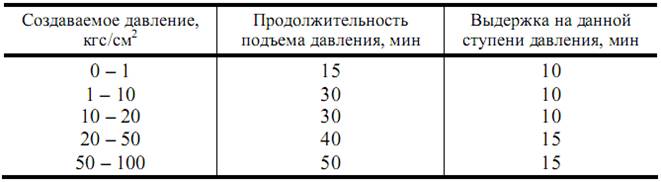


Следят за появлением пятен на смазанной мелом обратной (обычно внешней) стороны шва. После окончания опрессовки гидравлическим способом, прежде чем сливать воду из аппарата, необходимо открыть воздушный кран. Этим самым предохраняем аппарат от деформации корпуса, в связи с созданием внутри аппарата разрежения.

Наиболее опасны пневматические испытания, так как в случае нарушения целостности стенки аппарата возможно образование воздушной ударной волны. Следует иметь в виду, что пневматические испытания на прочность нельзя проводить в действующих цехах, на эстакадах и в каналах, где уложены трубопроводы, находящиеся в работе.

Пневматические испытания наиболее удобно проводить, используя центральную систему. Иногда приходится их выполнять с помощью передвижных компрессоров. Компрессор должен иметь ресивер и располагаться от испытуемого оборудования на расстоянии не менее 10 м. Повышение и снижение давления проводится плавно и медленно. После соответствующей выдержки давление понижается до рабочего значения, а испытуемое оборудование подвергается тщательному осмотру (табл. 11.3). Осмотр и освидетельствование в процессе повышения или понижения давления не допускается. Ликвидация дефектов оборудования осуществляется после снятия давления. Количество людей, занятых на испытании, должно быть минимальным.

Таблица 11.3. Режим пневматического испытания



Пневматическое испытание производится в тех случаях, когда может быть перегрузка на опоры аппарата или фундаменты и по разрешению и в присутствии инспектора Госгортехнадзора можно производить опрессовку аппарата воздухом или инертным газом. К пневматической опрессовке прибегают также тогда, когда по условиям технологического процесса присутствие воды в аппарате может вызвать аварию при выходе ее на рабочий режим.

Пневматическая опрессовка требует также соблюдение особых мер предосторожности. В частности перед опрессовкой воздухом необходимо убедиться в полном отсутствии в аппарате взрыво- и пожароопасных жидкостей, паров, газов. Для этого аппарат предварительно продувают инертным газом или водяным паром. Аппарат, находящийся под давлением воздуха, обстукивать нельзя; сварные швы обстукивают до начала опрессовки. В момент повышения давления стоять вблизи аппарата запрещено.

Вакуумные колонны подвергают гидравлическому испытанию на пробное давление 0,2 МПа или пневматическому испытанию на давление 0,11 МПа. Аппараты, работающие при атмосферном давлении, как правило, подвергают испытанию путем заливкой водой. При отрицательной температуре, т.е. окружающей среды, гидравлические испытания аппаратов производят, применяя подогрев воды паром или специальные водные растворы, имеющие низкую температуру замерзания. Обычно для этих целей применяют растворы хлористого кальция или хлористого натрия (поваренной соли). После проведения испытания указанными растворами аппарат должен быть промыт теплой водой.

11.2. Обкатка машин и механизмов

Обкатка машин, механизмов и аппаратов с мешалками проводят в соответствии с указанием проекта, технических условий или указаний соответствующих глав СНиП. Продолжительность испытания проводимых механизмов должна соответствовать представленной в табл. 11.4.

Таблица 11.4. Продолжительность проведения испытания механизмов



Индивидуальные испытания машин и механизмов вхолостую проводят по специальному графику с участием представителя заказчика и специализированных ремонтных и монтажных организаций. Результаты испытания оборудования оформляются специальными актами.

При испытании вхолостую вначале каждую машину подвергают пробному пуску, при котором производят наладку и регулирование взаимодействия ее частей и узлов на холостом ходу. Затем машину испытывают с постепенно увеличивающимся нагрузкой, одновременно проверяя соответствие ее фактических характеристик нормам, указанных в паспорте машины, техническим условиям или стандартам.

Перед пробным пуском машины необходимо:

1) проверить правильность взаимного положения и крепления деталей и узлов, составляющих машины, а для автоматов – также действие рабочих органов в соответствии с циклограммой;

2) тщательно очистить и заполнить соответствующей смазкой смазочные устройства и коробки для масла;

3) прокручивать перед пуском легкие и средние машины вручную или специальным валоповоротным механизмом с отсоединенным электродвигателем на один рабочий цикл, чтобы убедится в отсутствии местных заеданий, касаний движущихся деталей машины между собой и с окружающими предметами; проверить величину местных ходов и узлов, соответствующих возвратно-поступательному движению; для этого покачивают детали в ручную, а в точных механизмах мертвые ходы замеряют специальными инструментами;

4) установить и проверить все ограждения, натяжения и предохранительные устройства, нагревательные приборы, реле, автоматические выключатели и т.п.;

5) производить первый пуск машины вхолостую с освобождением ее от всякой нагрузки, предупредив ремонтный и монтажный персонал о пуске машины;

6) производить первоначальный пуск машины короткими включениями и, если во время их обнаружатся существенные недостатки ремонта или монтажа, немедленно ее остановить; пуск машин, имеющих привод с регулированием частоты вращения, следует начинать с наименьшей частоты;

7) для обкатки машин и механизмов необходимо проверить направление вращения электродвигателя, отсоединенного от механизма, и работу электродвигателя проводить в течение 40 – 60 мин вхолостую.

При работе машины или механизма вхолостую выявляют: общий характер работы (спокойный, без толчков, ударов и вибраций); нагрев подшипников, направляющих и других трущихся частей; биение валов, шкивов, зубчатых колес; правильность посадки на валу муфт, шкивов, зубчатых колес, подшипников качения; соответствие направления вращения и числа оборотов по паспортным данным.

Эти основные требования, общие для различных типов машин, могут быть дополнены специальными техническими требованиями, относящимся к данной машине и указанными в технической документации.

После окончания обкатки машину останавливают, вскрывают подшипники и другие трущиеся узлы, а также места с минимальными зазорами между движущимися и неподвижными деталями и проверяют, нет ли следов трения, задиров. Выявленные дефекты устраняют, машину собирают и регулируют, после чего ее подвергают техническим испытаниям. Для этого машину включают в работу с полной проектной нагрузкой, по достижении которой проверяют основные показатели работы машины: производительность, качество продукции и т.д.

Приемку оборудования из ремонта осуществляют в два этапа – предварительно и окончательно. Предварительно машину (агрегат) после ремонта принимает комиссия в составе представителя ОГМ, механика цеха, представителя ремонтной бригады, выполняющей ремонт, наладчика, обслуживающего данную машину (агрегат) путем осмотра и опробования на холостом ходу. Окончательно машину (агрегат) принимает та же комиссия после испытания под нагрузкой в производственных условиях.

Для каждого вида ремонта установлен испытательный срок работы машины (агрегата) под нагрузкой; текущей ремонт – 8 часов, капитальный – 24 часа.

Приемка оборудования из ремонта оформляется актом приема-сдачи оборудования, который утверждает главный инженер предприятия. Если ремонт выполнен недоброкачественно, ремонтная бригада, выполняющая ремонтные работы, обязана устранить обнаруженные дефекты.

Информационные источники

Основные источники:

1. А.И.Скобло, Ю.К.Молоканов, А.И.Владимиров, В.А.Щелкунов

Процессы и аппараты нефте-и газопереработки и нефтехимии

обучающихся по направлению "Оборудование и агрегаты нефтегазового производства" Москва, Недра, 2011

2. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки. Справочник под / ред. Е.Н.Судакова, Химия, 2011

3. Смирнов Н.Г Реакторы в химической промышленности ,Химия, 2012

4. Средин В.В – Машины и нефтяное оборудование, 2011

5. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии химия 2012

Интернет- ресурсы:

1. www.ximia-nefti.ru

Дополнительные источники:

2. Вержинская С. В. Химия и технология нефти и газа. -М: Форум, 2013

3. Мановян А.К. Технология нефти и природного газа: учебник пособие. – Астрахань: ИЗД. 2011

4. Пособие по проектированию под ред. Ю.И.Дытнерского, Химия 2011

5. Рудин М.Г, Драбкин А.Е Краткий справочник нефтепереработчика, Химия, 2011

6. Рябов В. Д. Химия и технология нефти и газа. -М: Издательство «Техника» Тума Групп, 2011Определить расход через отверстие d=12 мм, при напоре 1.2 м.

Приложение №1

Критерии оценок.

• Оценка «5» ставится, если обучающийся выполняет работу в полном объеме с соблюдение6м необходимой последовательности проведения опытов и измерений, самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование, все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов, соблюдает требования правил техники безопасности, правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики.

• Оценка «4» ставится, если выполнены все требования к оценке «5», но было допущено два- три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочета

• Оценка «3» ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной ее части позволяет получить правильный результат и вывод, или если в ходе проведения опыта и измерения были допущены ошибки

• Оценка «2» ставится, если работа выполнена не полностью, или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов, или если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

Во всех случаях оценка снижается, если обучающийся не соблюдал правила техники безопасности!

Грубые ошибки:

• незнание определений основных понятий, законов, правил, основных положений теории, формул, единиц измерения

• неумение выделять в ответе главное

• неумение применять знания для решения задач и объяснения химических процессов

• неумение провести опыт, необходимые расчеты, или использовать полученные данные для выводов

• нарушение требований правил безопасного труда при выполнении эксперимента.

Негрубые ошибки:

• неточность формулировок, определений, понятий, законов, теорий, вызванные неполнотой охвата основных признаков определяемого понятия, ошибки, вызванные несоблюдением условий проведения опыта или измерений

• ошибки в условных обозначениях на принципиальных схемах, неточности чертежа, графиков, схем

• пропуск или неточное написание наименований единиц измерения определяемых величин

• нерациональный выбор хода решения.