

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Факультет химии и высоких технологий

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе,  
качеству образования, первый  
проректор

А.Г. Иванов

« 29 » мая 2015 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Б1.В.ДВ.03.02**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ  
СОЕДИНЕНИЙ**

|                         |                                      |
|-------------------------|--------------------------------------|
| Направление подготовки  | 04.03.01 Химия                       |
| Профиль подготовки      | Органическая и биоорганическая химия |
| Программа подготовки    | академическая                        |
| Форма обучения          | очная                                |
| Квалификация выпускника | бакалавр                             |

Краснодар 2015

Рабочая программа дисциплины «Технология производства органических соединений» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 04.03.01 Химия

Программу составил:

Доценко В.В., канд. хим. наук, доцент



Рабочая программа утверждена на заседании кафедры органической химии и технологий протокол № 7 от «22» апреля 2015 г.

Заведующий кафедрой (разработчик) Стрелков В.Д.



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры органической химии и технологий протокол № 7 от «22» апреля 2015 г.

Заведующий кафедрой (выпускающей)

Д.х.н. Стрелков В.Д.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий протокол № 5 «28» апреля 2015 г.

Председатель УМК факультета Стороженко Т.П.



Рецензенты:

Дядюченко Л.В., канд. хим. наук, зав. лаб. регуляторов роста растений  
ГНУ ВНИИБЗР

Буков Н.Н., д-р хим. наук, зав. каф. общей, неорганической химии и  
информационно-вычислительных технологий в химии КубГУ

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины**

### **1.1 Цель дисциплины**

Целью дисциплины «Технология производства органических соединений» является формирование формированием и развитием у студентов основы технологического и экологического мышления; получения знаний общих методов и приемов использования закономерностей химических и технологических наук для решения задач химической технологии применительно к массовому производству; выработка навыков владения современными методами промышленного производства важнейших химических производств; формирование практических навыков решения конкретных технических задач и умением проектировать типовые технологические схемы основных химико-технологических процессов.

### **1.2 Задачи дисциплины**

– обобщить и систематизировать знания методов и приемов использования закономерностей химических и технологических наук для решения задач химической технологии применительно к массовому производству органических соединений;

– научить студентов алгоритмам решения технических задач, создать умение проектировать типовые технологические схемы основных химико-технологических процессов;

– сформировать основы технологического и экологического мышления.

### **1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Курс «Технология производства органических соединений» входит в вариативную часть Блока 1, дисциплины по выбору. В качестве содержательно-методической основы для курса «Технология производства органических соединений» служит дисциплина «Органическая химия».

### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций: ПК-4

| № п.п. | Индекс компетенции | Содержание компетенции (или её части)                                                                                                   | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны                                                        |                                                                                          |                                                                                    |
|--------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                    |                                                                                                                                         | знать                                                                                                              | уметь                                                                                    | владеть                                                                            |
| 1.     | ПК-4               | способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов | общие методы и приемы использования закономерностей химических и технологических наук для решения задач химической | Применять современные методы промышленного производства важнейших химических производств | современным и методами промышленного производства важнейших химических производств |

| №<br>п.п. | Индекс<br>компет<br>енции | Содержание<br>компетенции (или её<br>части) | В результате изучения учебной дисциплины<br>обучающиеся должны |       |         |
|-----------|---------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------|---------|
|           |                           |                                             | знать                                                          | уметь | владеть |
|           |                           |                                             | технологии<br>применительно к<br>массовому<br>производству.    |       |         |

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач. ед. (108 ч), их распределение по видам работ представлено в таблице.

| Вид учебной работы                                                                                                                  |                               | Всего часов | Семестры (часы) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------|-----------------|
|                                                                                                                                     |                               |             | 8               |
| Контактная работа, в том числе:                                                                                                     |                               |             |                 |
| Аудиторные занятия (всего):                                                                                                         |                               | 53.2        | 53.2            |
| Занятия лекционного типа                                                                                                            |                               | 24          | 24              |
| Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия) |                               | 24          | 24              |
| Иная контактная работа:                                                                                                             |                               |             |                 |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)                                                                                               |                               | 5           | 5               |
| Промежуточная аттестация (ИКР)                                                                                                      |                               | 0,2         | 0,2             |
| Самостоятельная работа, в том числе                                                                                                 |                               | 54,8        | 54,8            |
| Оформление лабораторных работ и подготовка к их защите                                                                              |                               | 20          | 20              |
| Изучение теоретического материала                                                                                                   |                               | 30          | 30              |
| Подготовка к зачету                                                                                                                 |                               | 4.8         | 4.8             |
| Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)                                                                                       |                               | зачет       | зачет           |
| Общая трудоемкость                                                                                                                  | час.                          | 108         | 108             |
|                                                                                                                                     | в том числе контактная работа | 53.2        | 53.2            |
|                                                                                                                                     | зач. ед.                      | 3           | 3               |

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины. Разделы дисциплины, в 8 семестре.

| № разд<br>ела | Наименование разделов                                    | Количество часов |                      |    |    |                         |
|---------------|----------------------------------------------------------|------------------|----------------------|----|----|-------------------------|
|               |                                                          | Всего            | Аудиторная<br>работа |    |    | Внеаудиторная<br>работа |
|               |                                                          |                  | Л                    | ПЗ | ЛР | СРС                     |
| 1             | 2                                                        | 3                | 4                    | 5  | 6  | 7                       |
| 1.            | Исходные вещества для<br>основного органического синтеза | 6                | 2                    | —  | 2  | 2                       |

|    |                                                                                               |      |    |   |    |      |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|---|----|------|
| 2. | Химия и технология процессов изомеризации                                                     | 9    | 2  | – | 2  | 5    |
| 3. | Химия и технология процессов введения галогенов в органические соединения                     | 12   | 2  | – | 2  | 8    |
| 4. | Химия и технология процессов гидролиза, гидратации, дегидратации, этерификации и амидирования | 12   | 2  | – | 2  | 8    |
| 5. | Химия и технология процессов алкилирования и винилирования                                    | 16   | 4  | – | 4  | 8    |
| 6. | Процессы сульфатирования, сульфирования и нитрования                                          | 16   | 4  | – | 4  | 8    |
| 7. | Процессы гидрирования и дегидрирования                                                        | 16   | 4  | – | 4  | 8    |
| 8. | Процессы окисления                                                                            | 15.8 | 4  | – | 4  | 7.8  |
|    | <b>Итого по дисциплине:</b>                                                                   |      | 24 | – | 24 | 54.8 |

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

| №  | Наименование раздела                                                                          | Содержание раздела                                                                                              | Форма текущего контроля |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1  | 2                                                                                             | 3                                                                                                               | 4                       |
| 1. | Исходные вещества для основного органического синтеза                                         | Введение. Цели и задачи современного промышленного органического синтеза. Тонкий и тяжелый органический синтез. | Решение задач           |
| 2. | Химия и технология процессов изомеризации                                                     | Сущность процессов изомеризации, используемые катализаторы, реализация в промышленности.                        | Решение задач           |
| 3. | Химия и технология процессов введения галогенов в органические соединения                     | Галогенирование – его условия, использование продуктов галогенирования. Промышленные галогенирующие реагенты    | Решение задач           |
| 4. | Химия и технология процессов гидролиза, гидратации, дегидратации, этерификации и амидирования | Химия и технология процессов гидролиза, гидратации, дегидратации, этерификации и амидирования                   | Решение задач           |
| 5. | Химия и технология процессов алкилирования и винилирования                                    | Способы промышленного алкилирования и винилирования. Сырье, условия, катализаторы, применение.                  | Решение задач           |
| 6. | Процессы сульфатирования,                                                                     | Условия сульфатирования в промышленности. Олеум как                                                             | Решение задач           |

|    |                                        |                                                                                          |               |
|----|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|    | сульфирования и нитрования             | сульфатирующий реагент.<br>Нитрование, условия.<br>Использование продуктов пром. синтеза |               |
| 7. | Процессы гидрирования и дегидрирования | Гидрирование и дегидрирование в промышленности                                           | Решение задач |
| 8. | Процессы окисления                     | Окисление в промышленности.<br>Метод Удриса-Сергеева.                                    | Решение задач |

### 2.3.2 Лабораторные занятия

| №  | Наименование раздела                                                                          | Наименование лабораторных работ                                                                                                                                                                                                  | Форма текущего контроля |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1  | 2                                                                                             | 3                                                                                                                                                                                                                                | 4                       |
| 1. | Исходные вещества для основного органического синтеза                                         | 1. Перегонка и ректификация<br>Газохроматографический анализ<br>2. Определение плотности, показателя преломления и мольной рефракции<br>Определение температуры плавления                                                        | Решение задач, ЛР       |
| 2. | Химия и технология процессов изомеризации                                                     | Решение задач. Тестовая работа №1.                                                                                                                                                                                               | Решение задач, ЛР       |
| 3. | Химия и технология процессов введения галогенов в органические соединения                     | 1. Определение омыляемого хлора<br>Определение общего хлора<br>2. Решение задач. Тестовая работа №2.                                                                                                                             | Решение задач, ЛР       |
| 4  | Химия и технология процессов гидролиза, гидратации, дегидратации, этерификации и амидирования | Бромное число. Кислотное число. Эфирное число. Гидроксильное число.<br>Определение содержания карбоксильных групп.<br>Определение содержания органических гидропероксидов.<br>Определение содержания ароматических углеводородов | Решение задач, ЛР       |
| 5  | Химия и технология процессов алкилирования и винилирования                                    | Решение задач. Тестовая работа №3.                                                                                                                                                                                               | Решение задач, ЛР       |
| 6  | Процессы сульфатирования, сульфирования и нитрования                                          | Получение п-толуолсульфокислоты<br>Получение алкилсульфатов                                                                                                                                                                      | Решение задач, ЛР       |
| 7  | Процессы гидрирования и дегидрирования                                                        | Решение задач. Тестовая работа №4.                                                                                                                                                                                               | Решение задач, ЛР       |
| 8  | Процессы окисления                                                                            | Окисление о-ксилола в о-толуиловую кислоту                                                                                                                                                                                       | Решение задач, ЛР       |

### 2.3.3 Занятия семинарского типа

Семинары не предусмотрены учебным планом

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовая работа не предусмотрена учебным планом

## 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

| № | Наименование раздела              | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2                                 | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1 | Изучение теоретического материала | 1. Хейфец, Людвиг Ишневич. Химическая технология. Теоретические основы [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению ВПО "Химия" и специальности "Фундаментальная и прикладная химия" / Л. И. Хейфец, В. Л. Зеленко ; под ред. В. В. Лунина. - Москва : Академия, 2015. - 463 с. : ил. - (Высшее образование. Естественные науки) (Бакалавриат). - Библиогр.: с. 457-458. - ISBN 9785446803521  |
| 2 | Оформление лабораторных работ     | 1. Хейфец, Людвиг Ишневич. Химическая технология. Теоретические основы [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению ВПО "Химия" и специальности "Фундаментальная и прикладная химия" / Л. И. Хейфец, В. Л. Зеленко ; под ред. В. В. Лунина. - Москва : Академия, 2015. - 463 с. : ил. - (Высшее образование. Естественные науки) (Бакалавриат). - Библиогр.: с. 457-458. - ISBN 9785446803521. |
| 3 | Подготовка к текущему контролю    | 1. Хейфец, Людвиг Ишневич. Химическая технология. Теоретические основы [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению ВПО "Химия" и специальности "Фундаментальная и прикладная химия" / Л. И. Хейфец, В. Л. Зеленко ; под ред. В. В. Лунина. - Москва : Академия, 2015. - 463 с. : ил. - (Высшее образование. Естественные науки) (Бакалавриат). - Библиогр.: с. 457-458. - ISBN 9785446803521  |

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями

здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

### 3. Образовательные технологии

Организация изучения материала курса осуществляется на основе системно-деятельностного подхода и рекомендаций теории поэтапного формирования умственных действий. Лекции носят мотивационно-познавательный характер, дают установки к формированию определенных действий. Этим требованиям отвечает отбор изучаемого материала, учет его значимости для практической деятельности специалиста-химика, формирование четкого представления о месте предмета в системе других естественных наук. Лабораторные занятия призваны формировать действия в материализованном виде и в речи обучаемых. Для повышения их эффективности используются как традиционные и давно оправдавшие себя приемы работы, так и нетрадиционные методы: деловые тренинги, занятия –конференции, экспресс-тестирование, коллективная самостоятельная работа, метод малых групп. На заключительном этапе обучения студентам предлагается выполнение самостоятельных работ исследовательского характера, решение практических задач, кейсов, требующих творческого преобразования усвоенных знаний. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья используются образовательные технологии, позволяющие полностью индивидуализировать содержание, методы и темпы учебной деятельности, вносить вовремя необходимые коррективы как в деятельность студента-инвалида, так и в деятельность преподавателя.

| Семестр | Вид занятия<br>(Л, ПР, ЛР) | Используемые интерактивные образовательные технологии                                         | Количество часов |
|---------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 8       | Л                          | Лекция с элементами педагогического эвристики, лекция-консультация                            | —                |
|         | ЛР                         | Беседы, разбор ситуаций, работа в малых группах, презентация рефератов (разработок) в формате | 18               |



|               |                  |    |
|---------------|------------------|----|
|               | мини-конференции |    |
| <i>Итого:</i> |                  | 18 |

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

##### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации**

##### **1 Примеры задач для коллективного решения в аудитории**

1. Определить массовые доли компонентов в смеси, состоящей из 1100 кг хлорбензола и 2200 кг бензола.

2. Определить плотность синтез-газа при 800 °С и 12 МПа, если объёмное соотношение оксида углерода и водорода равно 2:1.

3. Для пиролиза взято 3000 м<sup>3</sup> природного газа, в котором объёмная доля метана равна 94 %. Определить массу образовавшегося ацетилена, если степень конверсии метана равна 98 %, а селективность по ацетилену составляет 33 %.

4. Определить массовые доли фракций, если при атмосферной перегонке 600 кг нефти получены такие дистилляты: 100 кг бензинового, 200 кг лигроинового, 100 кг керосинового, 100 кг солярового (остаток от перегонки – мазут).

5. В процессе алкилирования бензола пропиленом селективность по кумолу равна 89 % при степени конверсии бензола 30 %. Определить массу бензола, необходимого для получения 10 тонн кумола.

6. Массовые доли компонентов в смеси продуктов алкилирования бензола пропиленом равны: изопропилбензол – 25 %, диизопропилбензол – 10 %, триизопропилбензол – 8 %, бензол – остальное. Определить массы компонентов, если масса бензола равна 5 тонн.

7. Для алкилирования бензола используют пропан-пропиленовую фракцию, объёмная доля пропилена в которой равна 0,66. Определить объём пропан-пропиленовой фракции, необходимой для получения 6000 кг изопропилбензола, если селективность по изопропилбензолу составляет 95 %.

8. Рассчитать материальный баланс производства дихлорэтана из этилена по следующим данным:

Производительность установки по дихлорэтану в год, т 12 000

Потери дихлорэтана, % 3

Число рабочих часов в году 8616

Количество образующегося трихлорэтана, % от количества дихлорэтана 4,6

Избыток этилена, % от стехиометрического количества 10

В дихлорэтано-сырце растворяется 50 % хлористого водорода, образующегося при реакциях замещения.

Состав исходных газов (в об. %):

| Технический хлор |      | Этиленовая фракция     |      |
|------------------|------|------------------------|------|
| $\text{Cl}_2$    | 85,0 | $\text{C}_2\text{H}_4$ | 92,0 |
| $\text{N}_2$     | 10,4 | $\text{C}_2\text{H}_6$ | 5,0  |
| $\text{O}_2$     | 3,0  | $\text{C}_3\text{H}_6$ | 3,0  |
| $\text{CO}_2$    | 1,6  |                        |      |

9. В процессе хлорирования бензола на снятие выделяемой теплоты расходуется 1,8 т бензола в расчете на 1 т хлорбензола. Определить производительность установки по хлорбензолу, если тепловой поток с испаряющимся бензолом равен 800 кВт, а теплота испарения бензола равна 30,6 кДж/моль.
10. На установку хлорирования 1,2-дихлорэтана производительностью 1050 кг 1,1,2-трихлорэтана в час подают в час 1925 м<sup>3</sup> технического 1,2-дихлорэтана, объемная доля 1,2-дихлорэтана в котором 96 %. Определить затраты электролитического хлора (объемная доля хлора 98 %) и мольное соотношение  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 : \text{Cl}_2$ , если выход 1,1,2-трихлорэтана составляет 80 % по хлору. Побочными продуктами пренебречь.
11. В реактор жидкофазного хлорирования парафина (средняя молекулярная масса 296) поступает в час 250 м<sup>3</sup> электролитического хлора, объемная доля хлора в котором 98 %. Выход хлорпарафина 80 %. Определить число реакторов, если плотность реакционной массы равна 1120 кг/м<sup>3</sup>. Время пребывания массы в реакторе 4 ч. Диаметр реактора 1800 мм, а высота 3300 мм. Коэффициент заполнения 0,75.
12. Определить расходные коэффициенты в производстве метилхлорида (без учета циркуляции сырья), если производительность установки по реакционному газу 2600 кг/ч, а состав реакционных газов в массовых долях следующий: метилхлорид 12 %, метилхлорид 9 %, трихлорметан 3,5%, тетрахлорметан 0,5 %, метан 54 %, хлор-водород 21 %.
13. Производительность установки газофазного хлорирования метана составляет 18 700 кг реакционного газа в час. Массовая доля трихлорметана в газе составляет 4,1 %, выход трихлорметана в расчете на исходный хлор 19,3 %, мольное соотношение  $\text{CH}_4 : \text{Cl}_2$  равно 3,44 : 1. Определить число реакторов, если нагрузка по метану на один аппарат составляет 2300 кг/ч.

14. В реактор газофазного хлорирования поступает в час  $1000 \text{ м}^3$  метана. В результате хлорирования образуется следующее количество хлорпроизводных: метил-хлорид  $530 \text{ кг/ч}$ , метиленхлорид  $580 \text{ кг/ч}$ , трихлорметан  $420 \text{ кг/ч}$ . Определить объемный расход хлора, степень конверсии метана и мольное соотношение хлор : метан.
15. В реактор жидкофазного хлорирования парафина (средняя молекулярная масса 296) поступает в час  $250 \text{ м}^3$  электролитического хлора, объемная доля хлора в котором 98 %. Выход хлорпарафина 80 %. Определить число реакторов, если плотность реакционной массы равна  $1120 \text{ кг/м}^3$ , время пребывания массы в реакторе 4 ч. Диаметр реактора 1800 мм, а высота реактора 3300 мм. Коэффициент заполнения 0,75.
16. Определить объемную скорость подачи метана в реактор газофазного хлорирования, если производительность установки с двумя работающими реакторами составляет  $19\,700 \text{ кг}$  реакционного газа в час. Массовая доля метилхлорида в газе 33,3 %, выход метилхлорида 43 % в расчете на исходный хлор, мольное соотношение  $\text{CH}_4 : \text{Cl}_2$  равно 3,44 : 1. Объем реактора  $2,84 \text{ м}^3$ .
17. Объемная скорость газов в реакционной камере газофазного хлоратора  $280 \text{ ч}^{-1}$ , суммарный объемный расход метана и хлора  $560 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Определить диаметр и высоту реактора, если соотношение  $\text{H/D}$  равно 2,5 : 1.
18. Определить расходные коэффициенты в производстве метилхлорида, если производительность установки составляет  $710 \text{ кг}$  метилхлорида в час, выход метилхлорида 90 % от теоретического. Массовые доли метана в техническом метане 94 %, а хлора в электролитическом  $\text{Cl}_2$  99 %.
19. Определить затраты электролитического хлора для получения в час  $2000 \text{ кг}$  реакционного газа, массовая доля метиленхлорида в котором 11 %, если степень конверсии хлора составляет 33 %.
20. В реактор газофазного хлорирования поступает в час  $1000 \text{ м}^3$  метана, объемная доля  $\text{CH}_4$  в котором 94 %. Определить массовую производительность реактора по метиленхлориду, если степень конверсии метана равна 50 %, а селективность по метиленхлориду 60 %. Определить также расходный коэффициент метана.
21. Рассчитать материальный баланс хлоратора в производстве хлорбензола (1 т), если состав жидких продуктов (в массовых долях) следующий: бензола – 0,65, хлорбензола – 0,32, дихлорбензола – 0,025, трихлорбензола – 0,005. Массовая доля чистого бензола в

техническом бензоле – 0,975, массовая доля  $\text{Cl}_2$  в техническом хлоре – 0,98.

22. Определить производительность по 1,1,2,2-тетрахлорэтаноу на установке хлорирования ацетилена, если на хлорирование подают в час  $130 \text{ м}^3$  осушенного ацетилена (массовая доля ацетилена 99,8 %). Степень конверсии ацетилена в тетрахлорэтаноу 98 %. Хлор подают на процесс в 5 %-ном избытке от стехиометрического количества. Определить расходные коэффициенты.
23. На установке хлорирования бензола производительностью по хлорбензолу  $4100 \text{ кг/ч}$  съём реакционной теплоты осуществляют за счёт испарения части бензола. Определить количество теплоты, выделяющейся при хлорировании, и количество испаренного бензола, если теплота его испарения в условиях процесса равна  $392 \text{ кДж/кг}$ . За счёт испарения снимается 80 % выделяющейся теплоты (тепловой эффект равен  $201 \text{ кДж/моль}$ ).
24. 1,2-Дихлорэтан получают хлорированием этилена в полупериодическом барботажном реакторе. Перед началом процесса в реактор загружают до 0,3 объёма дихлорэтана. Этилен подается в 5 %-ном избытке по отношению к стехиометрическому. Массовые доли этилена и хлора в технических продуктах 98,5 % и 96 %. Рассчитать материальный баланс получения  $1000 \text{ т}$  1,2-дихлорэтана (плотность  $1,26 \text{ г/см}^3$ ).
25. Определить количество теплоты, которая выделится при получении  $1800 \text{ кг}$  пентилхлорида в час, если тепловой эффект хлорирования пентана равен  $105 \text{ кДж/моль}$ .
26. Определить объёмную скорость метана в реакторе газофазного хлорирования, если производительность аппарата по реакционному газу составляет  $4920 \text{ кг/ч}$ , массовая доля метилхлорида в реакционном газе 9,2 %, выход метилхлорида 33 % в расчёте на исходный хлор, молярное соотношение  $\text{CH}_4 : \text{Cl}_2 = 3,44 : 1$ . Реактор газофазного хлорирования имеет внутренний диаметр  $0,85 \text{ м}$  и высоту  $2,5 \text{ м}$ .
27. Определить затраты технического метана, в котором массовая доля  $\text{CH}_4$  составляет 98,5 %, и затраты электролитического хлора с массовой долей хлора 96 % для получения  $1920 \text{ кг}$  метилхлорида в час, если молярное соотношение метана и хлора равно  $3 : 1$ , а выход метилхлорида равен 80 % в расчёте на исходный хлор.
28. Производительность полупериодического барботажного реактора хлорирования этилена составляет  $72 \text{ т}$  1,2-дихлорэтана в сутки.

Определить объем катализатора в реакторе, если производительность катализатора по 1,2-дихлорэтану равна 90 кг/(м<sup>3</sup>·ч).

29. В трубчатую печь на пиролиз поступает в час 29 т дихлорэтана. Тепловая напряженность 1 м<sup>2</sup> радиантной секции равна 37,2 кВт, количество переданной теплоты 1460 кДж на 1 кг образующегося винилхлорида, степень конверсии дихлорэтана в винилхлорид составляет 60 %. Определить число труб радиантной камеры, если их длина равна 12,5 м, а диаметр 152 мм.

30.. Составить материальный баланс получения  $m$  винилхлорида гидрохлорированием ацетилена. Конверсия ацетилена  $X$  (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>), %, избыток хлороводорода  $\omega_{\text{изб}}(\text{HCl})$ , %. Побочными реакциями пренебречь.

| № варианта | $m$ (CH <sub>2</sub> CHCl), т | $X$ (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ), % | $\omega_{\text{изб}}(\text{HCl})$ , % |
|------------|-------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|
| 1          | 1,00                          | 98                                      | 10                                    |
| 2          | 1,00                          | 95                                      | 9                                     |
| 3          | 1,00                          | 99                                      | 7                                     |
| 4          | 1,50                          | 98                                      | 11                                    |
| 5          | 1,50                          | 97                                      | 8                                     |
| 6          | 1,50                          | 96                                      | 10                                    |
| 7          | 2,00                          | 97                                      | 12                                    |
| 8          | 2,00                          | 94                                      | 14                                    |
| 9          | 2,00                          | 95                                      | 9                                     |
| 10         | 1,00                          | 98                                      | 6                                     |

#### 4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

1. Пиролиз. Назначение процесса. Напишите механизм пиролиза на примере пентана. Постройте ряд по возрастанию устойчивости соединений при пиролизе от метана до пентана, включая изомеры и непредельные соединения. Какие технологические приемы применяются при пиролизе для увеличения выходов продукта.
2. Способы получения капролактама из первичного сырья (нефти, газа, угля). Техничко-экономическое сравнение с учётом современной конъюнктуры на сырьё и энергоресурсы. Проблема переработки побочных продуктов.
3. Как объяснить необходимость создания малотоннажных производств в хлорорганическом синтезе? Привести примеры промышленных процессов, параметры процессов и описать химизм. Способы утилизации хлоротходов.
4. Заместительное хлорирование углеводородов: алканов, алкенов,

ароматических и алкилароматических. Продукты и их назначение. Механизм процессов, основные режимы. Способы управления селективностью.

5. Хлорзамещённые олефины: хлористый винил, трихлорэтилен, перхлорэтилен, хлоропрен, 2,3-дихлорпропилен. Применение и способы получения. Способы инициирования в процессах заместительного хлорирования, технологические особенности процессов.
6. Процессы дегидрохлорирования в хлорорганическом синтезе. Характеристика основных продуктов. Теоретические основы процесса, механизм, катализаторы, условия. Технологические особенности процессов.
7. Риформинг. Назначение процесса. Катализаторы риформинга. Какие возможны реакторные схемы риформинга? Объясните принцип их работы. Как изменяется температура в ходе процесса в зависимости от времени работы катализатора и от количества реакторов? Приведите уравнения протекающих реакций.
8. Существует 4 вида крекинга: термический, каталитический, гидрокрекинг и висбрекинг. Назначение каждого из этих процессов. Отличия и сходства этих процессов по сырью, продуктам и режимам. Какие технологические приемы применяются при проведении этих процессов?
9. Способы получения сложных эфиров. Основные продукты и области их применения. Условия проведения реакции этерификации органических кислот со спиртами. Катализаторы процесса. Особенности технологического оформления реакционного узла этерификации.
10. Реакции гидролиза. Получаемые продукты и области их применения. Основные гидролизующие агенты и катализаторы. Способы регулирования селективности в процессах гидролиза. Обосновать выбор реакторного узла для процесса жидкофазного гидролиза хлорпентана в аллиловые спирты.
11. Сравните методы получения этилового спирта. Для прямой гидратации этилена в паровой фазе запишите основную и побочные реакции, укажите катализатор процесса, приведите механизм. Обоснуйте выбор условий проведения процесса, тип и конструкции реактора. Технологические особенности процесса и связанные с ними решения.
12. Какие Вы знаете способы получения этилбензола? Для выбранного способа приведите основную и побочную реакции, укажите катализатор процесса, приведите механизм. Рекомендуйте оптимальные условия проведения процесса. Технологические особенности процесса, какими стадиями он представлен. Варианты аппаратного оформления реакторного блока.

13. Продукты, получаемые алкилированием фенолов и их назначение. Сравните существующие катализаторы и алкилирующие агенты. Рекомендуйте катализатор и оптимальные условия получения 2,6-дитретбутилфенола, запишите основную и побочные реакции, механизм превращения. Технологические особенности процесса, из каких стадий он состоит. Обоснуйте выбор конструкции реактора.
14. Назначение процесса сернокислотного алкилирования изопарафинов олефинами. Проанализируйте, какие изопарафины и какие олефины можно использовать в качестве сырья, чем обусловлен их выбор? Запишите основные и побочные реакции, приведите механизм. Обоснуйте условия проведения процесса. Технологические особенности процесса и связанные с ними технические решения, какими стадиями представлен процесс. Обоснуйте выбор типа и конструкции реактора.
15. Производство изопентана изомеризацией. Области технического применения изопентана. Источники сырья для производства изопентана. Теоретические основы процесса, механизм, катализаторы, условия и стадии процесса.

*Задачи:*

1. Определить мольные доли компонентов смеси, если массовые доли в смеси равны: бутан – 50%, бутены – 30%, бутадиен – 15%, водород – 5%. Общая масса смеси равна 15000 кг.
2. Определить среднюю мольную массу и плотность пропан-пропиленовой фракции газов крекинга (объёмная доля пропилена 30 %, объёмная доля пропана 70 %).
3. Определить объём пропилена, образующегося при пиролизе 8000 кг *n*-бутана, если степень конверсии *n*-бутана 90 %, а селективность по пропилену 20 %.
4. Определить массовые доли компонентов в смеси, состоящей из 400 кг бензола и 100 кг толуола. Определить мольные доли компонентов в смеси, состоящей из 100 кг метана, 120 кг этана и 180 кг этилена.
5. Определить массу этилена, образующегося при пиролизе 3400 м<sup>3</sup> пропана, если степень конверсии пропана равна 80 %, а селективность по этилену 42 %.
6. Определить массу технического карбида кальция, массовая доля основного вещества в котором равна 70 %, для получения 3000 м<sup>3</sup> ацетилена. Степень конверсии сырья равна 95 %.
7. Определить массовые доли компонентов в смеси, состоящей из 1100 кг хлорбензола и 2200 кг бензола.
8. Определить плотность синтез-газа при 300 °С и 10 МПа, если объёмное соотношение оксида углерода и водорода равно 2:1.
9. Для пиролиза взято 1000 м<sup>3</sup> природного газа, в котором объёмная доля метана равна 90 %. Определить массу образовавшегося ацетилена,

если степень конверсии метана равна 96 %, а селективность по ацетилену составляет 32 %.

10. Определить массовые доли фракций, если при атмосферной перегонке 1600 кг нефти получены такие дистилляты: 100 кг бензинового, 200 кг лигроинового, 900 кг керосинового, 200 кг солярового (остаток от перегонки – мазут).

11. В процессе алкилирования бензола этиленом селективность по этилбензолу равна 85 % при степени конверсии бензола 30 %. Определить массу бензола, необходимого для получения 5000 кг этилбензола.

12. Массовые доли компонентов в смеси продуктов алкилирования бензола пропиленом равны: изопропилбензол – 25 %, диизопропилбензол – 10 %, триизопропилбензол – 8 %, бензол – остальное. Определить массы компонентов, если масса бензола равна 1425 кг.

13. Для алкилирования бензола используют пропан-пропиленовую фракцию, объёмная доля пропилена в которой равна 0,56. Определить объём пропан-пропиленовой фракции, необходимой для получения 2000 кг изопропилбензола, если селективность по изопропилбензолу составляет 90 %.

14. Массовые доли компонентов в газе, получаемом при пиролизе бензина: метан – 15 %, этилен – 40 %, этан – 5 %, пропилен – 20 %, бутены – 20 %. Определить состав (в мольных долях), среднюю мольную массу и плотность газовой смеси.

15. В процессе изомеризации выход изопентана в расчёте на поданный *n*-пентан равен 40 %, а мольное соотношение водорода и *n*-пентана равно 2:1. Определить массу *n*-пентана и объём водорода, необходимые для получения 6 т изопентана.

16. Определить массовый и мольный состав смеси, если масса компонентов равна: метанол – 270 кг, воздух – 360 кг, вода – 200 кг. Молекулярная масса воздуха 29.

17. Степень конверсии *n*-бутана в процессе его дегидрирования равна 42%, а селективность по *n*-бутенам составляет 85%. Определить объём *n*-бутана, необходимый для получения 8000 м.куб. *n*-бутенов.

18. Смесь газов состоит из 1 кмоль метана, 11 кмоль водяного пара, 9 кмоль оксида углерода и 27 кмоль водорода. Определить мольный (объёмный) и массовый состав смеси.

19. Определить объём ацетилена при нормальных условиях и его массу, если при 1,9 МПа и 20 °С объём ацетилена равен 4,5 м<sup>3</sup>.

20. Газовая смесь состоит из этилена и воздуха. Объёмная доля воздуха в смеси равна 97 %. Определить массу этилена, если общая масса смеси равна 40 т. Молекулярная масса воздуха 29.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**



### **5.1 Основная литература:**

1. Хейфец, Людвиг Ишневич. Химическая технология. Теоретические основы [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению ВПО "Химия" и специальности "Фундаментальная и прикладная химия" / Л. И. Хейфец, В. Л. Зеленко ; под ред. В. В. Лунина. - Москва : Академия, 2015. - 463 с. : ил. - (Высшее образование. Естественные науки) (Бакалавриат). - Библиогр.: с. 457-458. - ISBN 9785446803521 .

### **5.2 Дополнительная литература:**

1. Закгейм, Александр Юделевич. Общая химическая технология. Введение в моделирование химико-технологических процессов [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / А. Ю. Закгейм. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М. : Логос, 2011. - 302 с. : ил. - (Новая университетская библиотека). - Библиогр. : с. 295-297. - ISBN 9785987044971.

2. Соколов, Ростислав Сергеевич. Химическая технология [Текст] : учебное пособие для студентов вузов : [в 2 т.]. Т. 2 : Металлургические процессы. Переработка химического топлива. Производство органических веществ и полимерных материалов / Р. С. Соколов. - М. : ВЛАДОС, 2003. - 448 с. : ил. - (Учебное пособие для вузов). - Библиогр. : с. 443-444. - ISBN 5691003550. - ISBN 569100357711.

3. Соколов, Ростислав Сергеевич.

Химическая технология [Текст] : учебное пособие для студентов вузов : в 2 т. Т. 2 : Металлургические процессы. Переработка химического топлива. Производство органических веществ и полимерных материалов / Р. С. Соколов. - М. : ВЛАДОС, 2000. - 448 с. : ил. - (Учебное пособие для вузов). - Библиогр. : с. 443-444. - ISBN 5691003550. - ISBN 569100357711.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

### **5.3. Периодические издания:**

1. Журнал общей химии.
2. Журнал органической химии.
3. Успехи химии.

## **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Сайт химического факультета Московского университета им. М.В.Ломоносова <http://www.msu.ru/>
2. Сайт химической энциклопедии <https://www.chemport.ru/data/>
3. Информационный сайт о химии, содержащий базу знаний, справочники и химические онлайн-сервисы (<http://www.xumuk.ru> ).

4. Сайт, содержащий статьи соросовского образовательного журнала (<http://www.pereplet.ru/cgi/soros/readdb.cgi> ).
5. База данных издательства Springer (<http://link.springer.com> ).
6. База данных рефератов и цитирования Scopus (<http://www.scopus.com> ).
7. База данных рефератов и цитирования Web of Science (WoS) (<http://apps.webofknowledge.com> ).

## **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Успешное изучение дисциплины «Технология производства органических соединений» требует от студентов регулярного посещения лекций, а также активной работы на практических занятиях, выполнения и защиты лабораторных работ, ознакомления с основной и дополнительной рекомендуемой литературой.

При подготовке к лекционному занятию студентам рекомендуется:

- 1) просмотреть записи предыдущей лекции и восстановить в памяти ранее изученный материал;
- 2) бегло просмотреть материал предстоящей лекции, с целью лучшего усвоения нового материала;
- 3) самостоятельно проработать отдельные фрагменты темы прошлой лекции, если это необходимо.

При конспектировании лекционного материала студентам нужно стремиться кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения и формулировки, не пытаясь записать весь преподаваемый материал слово в слово.

При подготовке к лабораторному занятию рекомендуется:

- 1) внимательно изучить материал предстоящей работы и составить план ее выполнения;
- 2) уделить повышенное внимание экспериментальным особенностям предстоящей работы (используемым реактивам и оборудованию, а также технике работы с ними);

Выполнять лабораторную работу необходимо аккуратно и последовательно, отражая все ее основные этапы в лабораторном журнале. Для успешной защиты лабораторной работы необходимо тщательно изучить лекционный и, если это необходимо, дополнительный теоретический материал по теме работы, а также правильно заполнить лабораторный журнал, сделав все необходимые расчеты и сформулировав выводы по проделанной работе.

Самостоятельная работа наряду с аудиторной представляет одну из важнейших форм учебного процесса. Самостоятельная работа - это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его

непосредственного участия. Самостоятельная работа предназначена не только для овладения представленной дисциплиной, но и для формирования навыков работы вообще, в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать возникающие проблемы, находить правильные решения и т.д.

| №  | Вид СРС                           | Организация деятельности студента<br>Форма контроля                                                                                                                                                                                       |
|----|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 2                                 | 3                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1. | Оформление лабораторных работ     | Проведение необходимых расчетов, аккуратное оформление хода и результатов выполненной работы в лабораторном журнале.<br>Форма контроля – защита лабораторных работ.                                                                       |
| 2. | Изучение теоретического материала | Работа с конспектом лекций, а также с рекомендуемой основной и дополнительной литературой по заданной теме, ознакомление с периодическими изданиями и ресурсами сети Интернет. Форма контроля – защита лабораторных работ, решение задач. |
| 3. | Подготовка к текущему контролю    | Изучение теоретического материала, необходимого для успешной защиты лабораторных работ, коллективного решения предложенных задач и других видов текущего контроля. Форма контроля – все виды текущего контроля.                           |

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### **8.1 Перечень информационных технологий**

1. Использование электронных презентаций при проведении лекционных занятий.
2. Консультирование посредством электронной почты.

### **8.2 Перечень необходимого программного обеспечения**

1. Операционная система Microsoft Windows.
2. Программный пакет для работы с различными типами документов Microsoft Office Professional Plus.
3. Редактор химических формул ChemSketch из программного пакета ACD Labs (Freeware).
4. Редактор химических формул IsisDraw 2.5 (freeware)

### 8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Научная электронная библиотека (<http://www.elibrary.ru> ).
2. Электронная библиотечная система издательства «Лань» (<http://e.lanbook.com> ).
3. Электронная библиотечная система «Юрайт» (<http://www.biblio-online.ru> ).
4. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» (<http://cyberleninka.ru> ).
5. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) ).

## 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для проведения занятий по дисциплине «Технология производства органических соединений», предусмотренной учебным планом подготовки бакалавров, имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

| №  | Вид работ            | Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Лекционные занятия   | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – ауд. 425с, ул. Ставропольская, 149 (комплект учебной мебели, меловая доска, переносное мультимедийное оборудование).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2. | Семинарские занятия  | Семинары не предусмотрены учебным планом.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3. | Лабораторные занятия | Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа – ауд. 414с, ул. Ставропольская, 149 (учебная лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью, вытяжной системой вентиляции, меловой доской, средствами пожарной безопасности и оказания первой медицинской помощи, лабораторным оборудованием: весы лабораторные электронные A&D ЕК-410i, электроплитки – 10 шт., сушильный шкаф, мешалки механические – 8 шт., мешалки магнитные ИКА HS 7 – 6 шт., ротационные испарители – 2 шт., наборы химической посуды и реактивов). |

|    |                                            |                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. | Курсовое проектирование                    | Курсовая работа не предусмотрена учебным планом.                                                                                                                                                                                              |
| 5. | Групповые (индивидуальные) консультации    | Аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – ауд. 425с, ул. Ставропольская, 149 (комплект учебной мебели, меловая доска, переносное мультимедийное оборудование).         |
| 6. | Текущий контроль, промежуточная аттестация | Аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – ауд. 425с, ул. Ставропольская, 149 (комплект учебной мебели, меловая доска, переносное мультимедийное оборудование).         |
| 7. | Самостоятельная работа                     | Помещение для самостоятельной работы – ауд. 401с, ул. Ставропольская, 149 (компьютерная техника с подключением к сети «Интернет», программой экранного увеличения и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета). |