***На правах рукописи***

Минобрнауки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**«Оренбургский государственный университет»**

Кафедра пищевой биотехнологии

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

*«Б1.Д.В.2 Учебно-исследовательская работа студентов»*

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

*18.03.01 Химическая технология*

(код и наименование направления подготовки)

*Химическая технология веществ и материалов*

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Тип образовательной программы

*Программа академического бакалавриата*

Квалификация

*Бакалавр*

Форма обучения

*Заочная*

Год набора 2024

Составители \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Попов В.П.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Ханина Т.В.

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры пищевой биотехнологии протокол № 7 от «19» февраля 2024 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Попов В.П.

Методические указания является приложением к рабочей программе по дисциплине Учебно-исследовательская работа студентов, зарегистрированной в ЦИТ под учетным номером \_\_\_\_\_\_\_\_

|  |
| --- |
|  |

**Содержание**

|  |  |
| --- | --- |
| Введение | 4 |
| 1 Методические указания по лекционным занятиям | 4 |
| 2 Методические указания по лабораторным занятиям | 4 |
| 3 Методические указания по выполнению комплексного практического задания | 9 |
| 4 Методические указания по самостоятельной работе | 10 |
| 5 Методические указания по подготовке к диф. зачету и экзамену | 10 |
| Список рекомендуемой литературы | 11 |

**Введение**

Цель методических рекомендаций – обеспечение студенту оптимальной организации процесса изучения дисциплины, а также выполнения различных форм аудиторной и внеаудиторной работы.

Студентам необходимо ознакомиться с содержанием рабочей программы дисциплины «Учебно-исследовательская работа студентов», с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимся в библиотеке ВУЗа, с графиком консультаций преподавателей кафедры.

Несмотря на наличие учебников, которые для студентов являются основным источником информации, очень часто возникают ситуации, когда изменения в нормативной документации по конкретной теме не нашли отражения в существующих учебниках или некоторые его разделы устарели, поэтому, лекции остаются основной формой обучения.

Отдельные темы дисциплины сложны для самостоятельного изучения студентами, поэтому необходима методическая переработка материала лектором. При существовании разнообразных концепций по отдельным темам лекции необходимы для их объективного освещения, поэтому посещение лекций по дисциплине обязательно для студентов.

Кроме того, для успешного овладения дисциплиной необходимо выполнять следующие требования:

* посещать все лекционные, лабораторные и практические занятия, поскольку весь тематический материал взаимосвязан между собой и теоретического овладения пропущенного недостаточно для качественного усвоения знаний по дисциплине;
* все рассматриваемые на лекциях и лабораторных занятиях темы и вопросы обязательно фиксировать (либо на бумажных, либо на машинных носителях информации);
* обязательно выполнять все домашние задания, получаемые на лекциях или лабораторных занятиях;
* проявлять активность на лабораторных занятиях, а также при подготовке к ним. Необходимо помнить, что конечный результат овладения содержанием дисциплины необходим, в первую очередь, самому студенту;

в случаях пропуска занятий по каким-либо причинам, необходимо обязательно самостоятельно изучать соответствующий материал.

**1 Методические указания по лекционным занятиям**

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Именно поэтому контроль над систематической работой студентов всегда находится в центре внимания кафедры.

Студентам необходимо:

* перед каждой лекцией просматривать рабочую программу дисциплины, что позволит сэкономить время на записывание темы лекции, ее основных вопросов, рекомендуемой литературы;
* перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, нужно обратиться к преподавателю (по графику его консультаций).

**2 Методические указания по лабораторным занятиям**

Цель проведения лабораторных отработка обучающимися практических навыков по применению реологии пищевых материалов, а также закрепление теоретических знаний. Кроме того, лабораторные занятия способствуют формированию исследовательских навыков в начальной профессиональной деятельности. В ходе проведения лабораторных работ обучающиеся закрепляют знания о характере структурно механических взаимодействий в пищевых материалах.

Перед проведением лабораторных работ преподаватель раздает указания по проведению работ, формы для отчета. Обучающиеся предварительно повторяют теоретический материал и в процессе работы, заполняют представленный по вариантам отчет, который сдают в конце работы преподавателю. Каждую работу студент осуществляет индивидуально. Получив письменные указания и форму для отчета обучающиеся, приступают к выполнению работы. Если лабораторная работа не является контрольной, обучающиеся могут обратиться за помощью к преподавателю, но в основном они должны работать самостоятельно, используя инструкцию, содержащую последовательность выполнения каждой работы.

Готовые результаты обучающиеся оформляют и сдают, либо показывают уровень выполнения непосредственно на компьютере и сохраняют на внешних носителях (USB-флеш-накопитель). Обучающиеся оформляют отчет, в котором отвечают на поставленные вопросы, получают оценки за проделанную работу.

В конце лабораторной работы студенты убирают рабочее место, выключают все используемое оборудование.

Информация для подготовки к лабораторным работам:

Лабораторная работа № 1 «Проведение базовых экспериментов по исследованию технологии химической очистки воды»

# Очищать воду от вредных примесей необходимо в обязательном порядке. В противном случае вода вместо своей целебной восстанавливающей организм силы проявит исключительно негативные характеристики. Так, неочищенная или некачественно очищенная вода может стать смертельным ядом для человеческого организма. Тем более необходимо очищать сточные воды перед их сбросом в водоемы. Для освобождения жидкости от различных вредных включений используются различные методы и способы, в зависимости от физического состояния примесей. Но, если же, вредные вещества в воде находятся в большей степени в растворенном состоянии, то применяется химическая очистка воды. В 2014 года на ОАО «Бородино-Оренбург была установлена уникальная система химической очистки питьевой воды. В работе следует провести анализ предоставленных преподавателем технологической схемы и массообменного расчета химической очистки воды на ОАО «Бородино-Оренбург». Сделать выводы. Разработать рекомендации по улучшению очистки.

# Лабораторная работа № 2 «Исследованию технологии очистки газа от серосодержащих соединений»

Общий технологический подход к процессам очистки газа можно разделить на три метода:

1. Абсорбционный метод основан на различной растворимости газов в жидкостях и в большинстве случаев сопровождается химической реакцией газа с раствором. Условия проведения абсорбционных процессов очистки обычно характеризуются повышенным давлением и пониженными температурами. Технология абсорбционного метода представляет собой замкнутый цикл с непрерывно циркулирующим жидким абсорбентом, который поглощает примеси в абсорбере и выделяет их в регенераторе, восстанавливая свою поглотительную способность.

2. Адсорбционный метод основан на селективном извлечении примесей твердыми поглотителями – адсорбентами. Поглотительная способность твердого вещества зависит от химического состояния поверхности сорбента, его пористости, свойств поглощаемой примечи, температуры и давления. В зависимости от полноты химического взаимодействия и условий проведения процесса в адсорбционном методе может наиболее ярко проявляться физическая адсорбция или хемосорбция. Физическая адсорбция проявляется при низкой температуре, хемосорбция – при высокой. Использование твердых адсорбентов наиболее эффективно при небольших начальных концентрациях примесей в газе. Технологически адсорбционный метод реализуется следующим образом: газ пропускается через слой адсорбента, после потери адсорбционной способности поглотитель заменяется или регенерируется.

3. Каталитический метод очистки основан на переработке вредных примесей в инертные вещества или соединения, хорошо поглощаемые на последующих стадиях абсорбционной или адсорбционной очистки. Для этого удаляемое вещество должно химически провзаимодействовать на поверхности катализатора. Состав твердого катализатора в процессе очистки не изменяется и все протекающие на его поверхности реакции подчиняются общим закономерностям гетерогенно-каталитических процессов. Каталитический метод высокоэффективен при небольших концентрациях удаляемого компонента. Каталитическую очистку в большинстве случаев проводят при повышенных температурах и давлении.

Природный газ в своем составе может содержать следующие соединения серы: сероводород (H2S), сероуглерод (CS2), оксид сульфид углерода (COS), меркаптаны (RSH) и другие. Соединения серы, даже в небольшом количестве, являются ядами для катализаторов, в том числе и для применяемых при производстве аммиака. Наиболее чувствительны к сернистым соединениям никель содержащие катализаторы (катализаторы паровой конверсии метана, катализаторы низкотемпературной конверсии оксида углерода II (CO)). Помимо этого сернистые соединения вызывают коррозию аппаратуры. Поэтому для предотвращения снижения активности катализаторов и предотвращения коррозии аппаратуры газ подвергают очистки от соединений серы.

При производстве аммиака количество сернистых соединений не должно превышать в сумме 56 мг S/м3. При этом содержание меркаптанов не должно превышать 36, а сероводорода – 20 мг/м3.

Известно несколько способов очистки газа от органических соединений серы:

- хемосорбция оксидом цинка с предварительным гидрированием на кобальт-молибденовых катализаторах;

- адсорбция на синтетических цеолитах;

- адсорбция на жидких поглотителях.

Очистку газа от сернистых соединений проводят в две стадии.

На первой стадии сернистые соединения, находящиеся в виде меркаптанов, сульфидов, тиоэфиров и другие подвергают каталитическому гидрированию.

 ;



 ;



 ;



 .



Термодинамический анализ представленных реакций показывает, что они являются необратимыми в широком диапазоне температур.

В качестве катализаторов для гидрирования используют алюмокобальтмолибденовые (АКМ) и алюмоникельмолибденовые (АНМ) катализаторы. Катализаторы являются наносными, в качестве носителя используется активный оксид алюминия – структурообразующее вещество. Кроме того, использование носителя позволяет снизить стоимость катализатора, так как основные компоненты (оксиды кобальта и никеля) более дорогие.

Об активности катализаторов судят по степени превращения органических сернистых соединений в сероводород. АНМ катализатор имеет более высокую активность (на 15-20%) по сравнению с АКМ, но при этом у АНМ большая насыпная масса. Катализаторы выпускают в таблетированном и формованном виде.

Условия эксплуатации данных катализаторов: до 450°С, давление до 3,92 МПа, объемная скорость 1000-5000 ч-1. Срок службы катализаторов 4-5 лет.

Давление в системе оказывает положительное влияние на скорость протекания гидрирования. Поэтому в промышленности стараются проводить процесс при повышенном давлении.

На второй стадии очистки газа проводят поглощение сероводорода на поглотителе, содержащем оксид цинка.

 .



В интервале температур 200-500°С реакция практически необратима, и обеспечивается высокая степень очистки газа.

Основными характеристиками поглотителя являются статическая и динамическая сероемкость. Статическая сероемкость – это полная сероемкость, то есть количество серы в % от массы поглотителя, поглощенное после установления одинаковой концентрации сернистых соединений до и после поглотителя. Динамическая сероемкость – количество поглощенной серы до проскока, пока обеспечивается требуемая степень очистки (концентрация серы 0,5 мг S/м3).

# Под руководством преподавателя провести очистку газа различными методами. Сделать выводы. Физические характеристики теста. Определение реологических свойств с применением альвеографа

Лабораторная работа № 3 «Исследование технологии производства стекла»:

Базовое сырье для получения стекла и изделий из него – это кварцевый песок, сульфат натрия либо сода, мел или известняк, доломит и пегматит.

Помимо данных материалов, в состав шихты, в зависимости, какая технология производства стекла используется, добавляют кислотные и стеклообразующие окислы, а также другие связующие компоненты, которые способны придать стеклу определенные особенности.

***К данным ингредиентам относятся:***

* осветлители (трехокись мышьяка, селитра);
* красители (медь, кобальт, окислы железа, марганец и хром).

### Технология варки стекломассы

Технология стекла на данном этапе состоит из приготовления шихты, варки и охлаждения стеклянных изделий. Вам достаточно совсем немного изменить технологию, как стекломасса получит совсем другое строение. Оно может стать плотнее, волокнисто либо ячеисто.

Технология изготовления стекла позволяет вам изменять химический состав стекломассы.

***Такими манипуляциями вы можете корректировать:***

* прочность стекла;
* теплофизические и диэлектрические характеристики;
* способность пропускать или поглощать ультрафиолетовые лучи.

К примеру, боросиликатное стекло, в котором отсутствуют щелочи, широко используется для изготовления арматуры из бетона, а также других химически устойчивых труб из стекла. Отличается данный материал высокой механической прочностью, низким уровнем линейного расширения и химической стойкостью.

Технология производства стекломассы предполагает использование материалов в следующем пропорциональном соотношении: 70% песка, 30% соды и извести. Вдобавок к этому могут быть использованы красители, поташ, оксид свинца и др. Все компоненты необходимо очень тщательно перемешать до получения однородного состава.

Затем смесь засыпается в печь, где происходит ее расплавление и варение при температуре 1450-1550 °С. После получения качественной стекломассы она быстро охлаждается, чтобы не было кристаллизации. Затем стекло нарезают на листы необходимого размера.

При выполнении лабораторной работы необходимо по указанию преподавателя приготовить 5 различных смесей для варки стекла с различным составом. Каждую смесь разделить на 4 части и поместить полученные образцы в муфель в специальных тигелях по два от каждой смеси. Провести варку стекла при температуре1450 0С. Провести варку оставшихся образцов при температуре 1550 0С. Сравнить показатели качества полученных стекол. Сделать выводы.

Лабораторная работа № 4 «Исследование технологии производства бензина»:

Процесс производства современного бензина далеко не так прост, как иногда кажется. Если просто перегнать нефть, то полученная бензиновая фракция будет обладать крайне низким октановым числом (на уровне 55 – 60 ед. по моторному методу). Этот бензин называется прямогонным и не может быть использован напрямую в автомобильном двигателе как ввиду низкого октанового числа, так и из-за высокого содержания серы, строго нормируемого современными экологическими стандартами.

Такой бензин имеет два пути: его могут отправить на нефтехимические предприятия, где из него после целого ряда превращений будут изготовлены различные полимеры, растворители и химические волокна. Или же бензин может подвергнутся дальнейшим превращениям на специальных установках НПЗ, в результате чего его качество значительно улучшиться. Об этих установках расскажем более подробно:

Риформинг

Сырьем для каталитического риформинга является прямогонная бензиновая фракция, выкипающая в пределах от 80 до 180°С, очищенная от серы. Часто установка гидроочистки комбинируется с установкой риформинга в одну. Переходя через последовательные реакторы, заполненные катализатором с содержанием платины под воздействием высокой температуры 490-530°С и давления до 3 Мпа, образуются высокооктановые ароматические углеводороды – ценный компонент бензина. Также в процессе образуется значительное количество водорода, который используется на НПЗ для очистки от серы не только бензиновых, но и дизельных фракций.

Процесс риформинга долгое время являлся основным процессом для получения высокооктановых бензинов. Но современными экологическими стандартами содержание ароматики в бензине ограничено 35%, поэтому производители топлива вынуждены использовать и другие способы повышения октанового числа.

Изомеризация

Другим распространенным процессом производства высокооктановых фракций является изомеризация алканов. Нормальные неразветвленные алканы обладают намного меньшей детонационной стойкостью, чем алканы с изостроением. Так, например, октановое число н-пентана составляет 61,8 ед. по моторному методу, а его изомер – изопентан имеет октановое число уже 93 ед.! В наиболее часто применяющейся изомеризации с рециклом на специальных катализаторах при давлении 2-3 Мпа и температуре до 400 градусов легкие алканы превращаются в свои изомеры, применяемые для производства бензинов АИ-92 и АИ-95.

Алкилирование

Самым современным процессом для получения высокоокачественных компонентов бензина является алкилирование. Процесс алкилирования направлен на получение высокооктановых компонентов автомобильного бензина из непредельных углеводородных газов. Не смотря на сложность процесса и применение серной или фтористоводородной кислоты в процессе производства, качество получаемого продукта оправдывает все трудности.

Каталитический крекинг

Все перечисленные выше процессы направлены в первую очередь направлены на улучшение имеющегося сырья. Каталитический крекинг в отличие от них позволяет значительно увеличить объем выпускаемого бензина. В процессе каталитического крекинга вырабатывается высокооктановый бензин с октановым числом по исследовательскому методу 88-91 единиц. Основной недостаток бензина каталитического крекинга - высокое содержание непредельных углеводородов (до 30%) и серы (0,1-0,5%), что плохо влияет на стабильность топлива при хранении. Бензин быстро желтеет из-за полимеризации и окисления олефинов и потому не может применяться без смешения с другими бензиновыми фракциями.

Компаундирование

И вот наконец, когда все нужные компоненты получены, продукты, полученные риформингом, изомеризацией, алкилированием и каталитическим крекингом смешиваются на блоке компаундирования. При этом зачастую полученный товарный бензин имеет октановое число на уровне 89-90 ед. и чтобы получить требуемое значение 92 или 95 используют МТБЭ. После запрета в экологическом классе 5 монометиланилина, метил-трет-бутиловый эфир остается на сегодня единственным проверенным и разрешенным способом поднятия октанового числа.

На основании данных (предоставленных преподавателем) полученных с нефтеперерабатывающих баз Оренбуржья и ведущих отечественных нефтеперерабатывающих компаний произвести анализ технологий производства на различных базах Оренбуржья. Выявить недостатки. Предложить мероприятия по их улучшению.

Лабораторная работа № 5 «Усовершенствование технологии производства стекла»:

На основании материалов лабораторной работы № 3 провести оптимизацию технологии производства стекла используя методики изложенные в литературе: Грачев, Ю.П. Математические методы планирования экспериментов. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 200 с.

Лабораторная работа № 6 «Усовершенствование технологии производства бензина»:

На основании материалов лабораторной работы № 4 провести оптимизацию технологии производства бензина используя методики изложенные в литературе: Грачев, Ю.П. Математические методы планирования экспериментов. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 200 с.

**3 Методические указания по выполнению комплексного практического задания**

Комплексное практическое задание является важным этапом в усвоении обучающимися изучаемой дисциплины. Процесс его выполнения способствует развитию аналитического мышления, умения работы с информацией, учебной и научной литературой, выработке умений решения практических задач в процессе профессиональной деятельности.

Комплексные практические задания позволяют оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

В ходе работы обучающийся учится грамотно и четко излагать мысли, что важно для будущей практики специалиста, повседневная работа которого требует способности логично мыслить и правильно формулировать решения при рассмотрении конкретных задач. Он приобретает навыки хорошо ориентироваться в массе нормативных актов, умело использовать знания для анализа деятельности организации, знать методы анализа, находить в широком потоке информации нужные для принятия решения элементы.

При выполнении задания обучающийся получает возможность более детально познакомиться с учебниками, пособиями, нормативной и учебно-методической литературой, материалами периодических изданий, методикой решения конкретных производственных ситуаций.

Комплексное практическое задание по дисциплине включает пояснительную записку, оформленную в соответствии СТО 02069024.101-2015. Работы студенческие. Общие требования и правила оформления. – Введ. 2015-12-28 – Оренбург: ФГБОУ ОГУ, 2015. – 85 с.

Для выполнения задания используются основные и дополнительные литературные источники, периодические издания и интернет-ресурсы, указанные в рабочей программе дисциплины.

Выполненную и оформленную работу студенты обязаны представить и защитить в сроки, предусмотренные учебным планом.

**4 Методические указания по самостоятельной работе**

Самостоятельная работа студентов является важным компонентом образовательного процесса, формирующим личность студента, его мировоззрение и культуру профессиональной деятельности, способствует развитию способности к самообучению и постоянному повышению своего профессионального уровня.

Целями самостоятельной работы являются формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их анализу, умению принять решение, аргументированному обсуждению предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссии.

Самостоятельная работа по дисциплине заключается в изучении тем программы дисциплины по рекомендуемой учебной литературе, в изучении тем лекций, в подготовке ко всем видам контактной и самостоятельной работы, в подготовке к промежуточной аттестации.

Алгоритм самостоятельной работы студентов:

1 этап – поиск в литературе и изучение теоретического материала на предложенные преподавателем темы и вопросы;

2 этап – осмысление полученной информации из основной и дополнительной литературы, освоение терминов и понятий, механизма решения задач;

3 этап – составление плана ответа на каждый вопрос или алгоритма решения задачи.

Для самостоятельной работы используется основная и дополнительная литература из рабочей программы дисциплины.

**5 Методические указания по подготовке к диф. зачету и экзамену**

Изучение дисциплины завершается сдачей диф. зачета и экзамена. Диф. зачет и экзамен по дисциплине У-ИРС представляют собой итоговое испытание по профессионально-ориентированным проблемам, устанавливающее соответствие подготовленности студентов требованиям федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС). В ходе диф. зачета и экзамена проверяется способность учащегося к выполнению профессиональных задач, определенных квалификационными требованиями.

Диф. зачет и экзамен проводится с целью проверки уровня и качества общепрофессиональной и специальной подготовки студентов и позволяет выявить и оценить теоретическую подготовку студента для решения профессиональных задач, готовность к основным видам профессиональной деятельности. Диф. зачет и экзамен носят комплексный характер и направлены на выявление целостной системы знаний по учебно-исследовательской работе студентов.

Подготовка к диф. зачету и экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к диф. зачету и экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На диф зачете и экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

За 3-4 дня нужно систематизировать уже имеющиеся знания. На консультации перед диф. зачетом и экзаменом студентов познакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно.

Требования к организации подготовки к диф. зачету и экзамену те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. При подготовке к диф. зачету и экзамену у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом листы опорных сигналов.

 Правила подготовки к диф. зачету и экзамену:

* необходимо сразу сориентироваться во всем материале и обязательно расположить весь материал согласно вопросам;
* сама подготовка связана не только с «запоминанием», но и с переосмыслением материала, и даже рассмотрение альтернативных идей.
* сначала студент должен продемонстрировать, что он «усвоил» все, что требуется по программе обучения, и лишь после этого он вправе высказать иные, желательно аргументированные точки зрения.

**Список рекомендуемой литературы**

1. Ковриков, И. Т. Основы научных исследований и УНИРС [Электронный ресурс] : учебник / И. Т. Ковриков; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. экономики и орг. пр-ва.- 3-е изд. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 1.90 Мб). - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2010. - 250 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 5.0. - Режим доступа: <http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/2805_20110927.pdf>

2. Колоколов, С. Б. Основы научных исследований [Текст] : учеб. пособие для вузов / С. Б. Колоколов. - Оренбург : ОГУ, 2008. - 115 с. - Библиогр.: с. 114. - ISBN 978-5-7410-0715-0.

3. Основы химической технологии : учебно-методическое пособие / под общей редакцией Г. И. Остапенко. — Тольятти : ТГУ, 2018. — 387 с. — ISBN 978-5-8259-1380-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/139961.

4. Шкляр, М.Ф. Основы научных исследований [Текст]: учеб. пособие / М.Ф. Шкляр.- 6-е изд. - М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2014. - 244 с.

5. Грачев, Ю.П. Математические методы планирования экспериментов. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 200 с.

6. Соколов Р.С. Химическая технология [Текст]: учеб. пособие: в 2 т / Р.С. Соколов. - М.: Владос, 2003. – Т.1. – 368 с.

7. Соколов Р.С. Химическая технология [Текст]: учеб. пособие: в 2 т / Р.С. Соколов. - М.: Владос, 2003. – Т.2. – 448 с.

8. Журналы:

- «Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология»: журнал. - М.: Агентство «Роспечать».

- «Материаловедение»: журнал. - М.: Агентство «Роспечать».

- «Химическая промышленность сегодня»: журнал. - М.: Агентство «Роспечать».

- «Химическое и нефтегазовое машиностроение»: журнал. - М.: Агентство «Роспечать».