

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института

« 19 » 2017 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

Оптимизация технологических процессов

направление подготовки:

15.04.02 Технологические машины и оборудование

Профиль программы:

Разработка технологического оборудования и комплексов предприятий  
строительной индустрии

Квалификация

магистр

Форма обучения

очная

**Институт магистратуры**

**Кафедра «Механическое оборудование»**

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.04.02 – Технологические машины и оборудование, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от « 21 » ноября 2014 г. № 1489;
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2017 году.

Составитель (составители): к.т.н., доц.

И.А. Семикопенко

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Механическое оборудование».

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.

В.С. Богданов

« 14 » 06 2017 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры «Механическое оборудование».

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.

В.С. Богданов

« 14 » 06 2017 г., протокол № 21

Рабочая программа одобрена методической комиссией института.

« 19 » 06 2017 г., протокол № 13

Председатель

доцент В.Б. Герасименко.

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
<b>Профессиональные</b>			
1	ПК-26	<p>Готовность применять новые современные методы разработки технологических процессов изготовления изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности с определением рациональных технологических режимов работы специального оборудования.</p>	<p><b>Знать:</b> вопросы оптимизации технологических процессов, основы научных исследований, изобретательскую деятельность, основные сведения о процессах в ПСМ.</p> <p><b>Уметь:</b> применять новые современные методы разработки технологических процессов изготовления изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности с определением рациональных технологических режимов работы специального оборудования.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками работы с первичными и вторичными документами; со справочным аппаратом; методами оценки измерений; анализировать и обрабатывать результаты экспериментальных исследований.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Методология научного исследования

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Современные проблемы развития машин и оборудования
2	Методология проектирования оборудования

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины 5 зач. единиц, 180 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр №2
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	68	68
лекции	34	34
лабораторные	-	-
практические	34	34
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	112	112
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графические задания	18	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	58	58
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	Э	Э (36)



#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс – 1. Семестр – 2.

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Общие сведения о процессах в ПСМ					
	Структура технологического процесса, виды технологических процессов, классификация процессов.	4	-	-	7
2. Влияние свойств материалов на эффективность процессов					
	Гранулометрический состав, способы и приборы для определения гранулометрического состава.	4	4	-	7
3. Подобие и моделирование систем и процессов					
	Системный анализ Кафарова, виды моделирования процессов, критерии подобия Ньютона, Фруда, Коши; структура процесса моделирования.	4	4	-	7
4. Теоретические основы механических процессов					
	Теоретическая и реальная прочность материалов, удельная поверхностная энергия, поверхностное натяжение.	4	4	-	6
5. Оптимизация процессов измельчения строительных материалов					
	Дробление, помол, классификация измельчения по виду силового воздействия, современные конструкции дробилок и мельниц, теории измельчения в различных машинах.	4	4	-	6
6. Оптимизация процессов классификации строительных материалов					
	Способы классификации материалов, схемы грохочения, виды грохочения, классы материала, классификация грохотов, характеристика крупности материала.	4	4	-	6
7. Оптимизация процессов смешения материалов					
	Интенсивность и эффективность смесеобразования. Однородность смеси, степень однородности. Идеальные и реальные смеси. Кинетика смешения.	4	4	-	6
8. Оптимизация процессов формования строительных материалов					
	Основные способы формования (виброформование, центрифугирование, прессование, пластическое формование, вытягивание, прокат, литьё), элементы расчёта виброплощадок, физическая сущность процесса уплотнения смесей вибрированием. Основы динамики центробежных возбуждателей.	4	4	-	6
9. Оптимизация процессов сепарации (разделения двухфазных сред)					
	Гравитационная сепарация, сепарация под действием	2	6	-	7

	инерционных и центробежных сил, адсорбционное пылеулавливание, фильтрование газовых систем, современные конструкции фильтров.				
	ИТОГО:	34	34	-	58

4.2. Содержание практических занятий  
Курс – 1. Семестр – 2.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	Кол-во часов	Кол-во часов СРС
1	Влияние свойств материалов на эффективность процессов	Определение гранулометрического состава разными способами, изучение приборов для определения гранулометрического состава.	4	4
2	Подобие и моделирование систем и процессов	Изучение видов моделирования процессов, решение задач, используя критерии подобия Ньютона, Фруда, Коши.	4	4
3	Теоретические основы механических процессов	Определение прочности материалов, удельной поверхностной энергии и поверхностного напряжения.	4	4
4	Оптимизация процессов измельчения строительных материалов	Определение влияния физико-химических свойств материалов на процесс измельчения в различных типах дробильно-помольного оборудования.	4	4
5	Оптимизация процессов классификации строительных материалов	Изучение схем и видов грохочения, конструкций грохотов, характеристик крупности материала.	4	4
6	Оптимизация процессов смешения материалов	Изучение процессов, протекающих в смесителях.	4	4
7	Оптимизация процессов формования строительных материалов	Изучение процесса полусухого формования.	4	4
8	Оптимизация процессов сепарации (разделения двухфазных сред)	Изучение процесса разделения двухфазных сред в проходном сепараторе.	6	6
ИТОГО:			34	34

4.3. Содержание лабораторных занятий

Учебным планом не предусмотрены.



## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Общие сведения о процессах в ПСМ.	1. Классификация технологических процессов. 2. Общие принципы анализа элементарных процессов. Уравнение Ньютона. Уравнение Фика. Закон Ома. Уравнение Бернулли.
2	Влияние свойств материалов на эффективность протекания процессов	3. Закон Кулона. Закон Борна. 4. Удельная поверхностная энергия. 5. Прочностные показатели сырья в ПСМ. 6. Дефекты кристаллической решетки. Точечные, линейные и объемные дефекты.
3	Подобие и моделирование систем и процессов	7. Подобие в механических системах. Критерии подобия. Теорема И. Ньютона. Теорема А. Федермана. Теорема М.В. Кирпичева. 8. Структура процесса моделирования.
4	Теоретические основы механических процессов	9. Теоретическая прочность материала. 10. Реальная прочность. 11. Силы взаимодействия частиц.
5	Оптимизация процессов измельчения строительных материалов	12. Процессы измельчения. Дробление и помол. 13. Законы измельчения. Теория Риттингера. 14. Теория Кирпичева. 15. Уравнение Розина-Раммлера-Беннета. 16. Закон Ребиндера. 17. Закон Бонда. 18. Щековые дробилки. Определение рациональных режимов работы. 19. Валковые дробилки. Определение рациональных режимов работы. 20. Дробилки ударного действия. Молотковые дробилки и мельницы. Определение рациональных режимов работы. 21. Расчет основных параметров молотковых и роторных дробилок. 22. Шаровые мельницы. Теория помола. 23. Шаровые мельницы. Угол отрыва. Критическая частота вращения. Определение рациональных режимов работы. 24. Среднеходные мельницы. Валковые среднеходные мельницы. Определение рациональных режимов работы.

		<p>25. Дезинтеграторы. Помольно-смесительные агрегаты на базе мельниц дезинтеграторного типа.</p> <p>26. Струйные мельницы. Расчет основных параметров. Определение рациональных режимов работы.</p> <p>27. Инерционные вибромельницы. Гириационные вибромельницы. Определение рациональных режимов работы.</p> <p>28. Удельная поверхность измельченного тела.</p> <p>29. Энергия, затраченная на измельчение. Дифференциальное уравнение Чарльза.</p> <p>30. Кинетика измельчения. Закон кинетики измельчения.</p>
6	Оптимизация процессов классификации строительных материалов	<p>31. Просеивающие поверхности. Характеристика крупности материала. Уравнение Розина-Раммлера.</p> <p>32. Эффективность грохочения. Показатели эффективности.</p> <p>33. Уравнение В.А. Олевского.</p> <p>34. Кинетика грохочения. Формула В.А. Перова.</p> <p>35. Теоретические основы классификации по упругости и трению. Формула Н.К. Тимченко.</p> <p>36. Гидравлическая классификация нерудных материалов. Диаграммы Релея.</p>
7	Оптимизация процессов смешения материалов	<p>37. Закономерности смешения. Формулы для расчета критерия качества смешения.</p> <p>38. Способы определения гранулометрического состава.</p> <p>39. Диспергированное смешение сыпучих материалов.</p> <p>40. Оценка однородности смеси. Идеальные и реальные смеси.</p> <p>41. Кинетика смешения. Закон диффузии.</p>
8	Оптимизация процессов формования и прессования строительных материалов	<p>42. Процессы формования. Виброформование.</p> <p>43. Схемы вибрирования.</p> <p>44. Элементы расчета виброплощадок.</p> <p>45. Процесс центробежного формования.</p> <p>46. Схемы центрифуг.</p> <p>47. Процесс прессования. Общее давление прессования.</p> <p>48. Изменение геометрии массы в процессе прессования. Кривая осадки сырца.</p> <p>49. Кривая изменения высоты сырца.</p> <p>50. Изменение давления по высоте сырца. Расчетная схема процесса прессования.</p>



		Уравнение Л.П. Баландина. Уравнение А.С. Бережного. 51. Пластическое формование (экструзия). Схема шнекового пресса. 52. Прессование порошкообразных материалов. Закономерности прессования. Уравнение М.Ю. Бальшина. 53. Определение рациональных параметров прессования. 54. Реология строительных материалов. Реологические кривые для твердообразных систем.
9	Оптимизация процессов сепарации (разделения двухфазных сред)	55. Процессы сепарации двухфазных потоков. Гравитационная сепарация. 56. Схема осаждения частиц в жидкости. 57. Отстойник для разделения эмульсий. 58. Сепарация под действием инерционных и центробежных сил. 59. Схема жалюзийного осадителя. Схема циклона. Критерий разделения. 60. Мокрое (адсорбционное) пылеулавливание. Схема насадочного скруббера. 61. Электрофильтры. Определение рациональных режимов работы.

## 5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем

Учебным планом не предусмотрены.

## 5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий

На выполнение РГЗ предусмотрено 18 часов самостоятельной работы студента.

Содержание РГЗ:

РГЗ состоит из 12-15 страниц формата А4 и включает расчетную схему, расчет основных параметров, экспериментальные исследования целевой функции от варьируемых параметров, заключение и список используемой литературы.

### Перечень тем для выполнения РГЗ

№ п/п	Наименование тем РГЗ
1	Исследование и оптимизация процесса дробления в щёковой дробилке СМД-60А с

	простым движением щеки
2	Исследование и оптимизация процесса дробления в щёковой дробилке СМД-28 со сложным движением щеки
3	Исследование и оптимизация процесса дробления в конусной дробилке ККД-900/100
4	Исследование и оптимизация процесса помола в дезинтеграторе СМ-1221
5	Исследование и оптимизация процесса дробления в молотковой дробилке С-599
6	Исследование и оптимизация процесса помола в бегунах мокрого помола СМ-21Б
7	Исследование и оптимизация процесса помола в трубной мельнице 3.2x15
8	Исследование и оптимизация процесса помола в трубной мельнице 4x13.5
9	Исследование и оптимизация процесса помола в мельнице мокрого самоизмельчения «Гидрофол»
10	Исследование и оптимизация процесса помола в мельнице сухого самоизмельчения «Аэрофол»
11	Исследование и оптимизация процесса помола в маятниковой мельнице СМ-493А
12	Исследование и оптимизация процесса помола в шахтной мельнице
13	Исследование и оптимизация процесса помола в струйной мельнице противоточной
14	Исследование и оптимизация процесса помола в вибромельнице М-1000-1
15	Исследование и оптимизация процесса грохочения в колосниковом инерционном грохоте СМД-25
16	Исследование и оптимизация процесса грохочения в вибрационном грохоте СМ-61
17	Исследование и оптимизация процесса смешения в гравитационном бетоносмесителе СБ-94
18	Исследование и оптимизация процесса смешения в бетоносмесителе принудительного действия СБ-93
19	Исследование процесса смешения в глиноболтушке Ø12м
20	Исследование и оптимизация процесса уплотнения смеси в блочной виброплощадке.
21	Исследование и оптимизация процесса уплотнения смеси в резонансной виброплощадке
22	Исследование и оптимизация процесса формирования смеси в свободно-роликовой центрифуге.
23	Исследование и оптимизация процесса формирования смеси в осевой центрифуге.

#### 5.4. Перечень контрольных работ

Учебным планом не предусмотрены.



## **6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **6.1. Перечень основной литературы**

1. Богданов В.С., Ильин А.С., Семикопенко И.А. Процессы в производстве строительных материалов. Белгород, Везелица, 2007. – 512с.
2. Богданов В.С., Шарапов Р.Р., Семикопенко И.А., Фадин Ю.М., Несмеянов Н.П., Герасименко В.Б. Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий. Учебник для ВУЗов. - Старый Оскол, издательство ТНТ, 2013. – 116с.

### **6.2. Перечень дополнительной литературы**

1. Уваров В.А., Семикопенко И.А., Чемеричко Г.И. Процессы в производстве строительных материалов (учебное пособие). – Белгород: БелГТАСМ, 2002. – 120с.
2. Богданов В.С., Шарапов Р.Р., Семикопенко И.А., Фадин Ю.М., Несмеянов Н.П., Герасименко В.Б. Процессы в производстве строительных материалов и изделий. Учебник для ВУЗов. /Под редакцией В.С. Богданова. – Белгород «Везелица», 2007. – 170с.
3. Богданов В.С., Ильин А.С. Основные процессы в производстве строительных материалов. Учебник для ВУЗов. 2-е издание. – Белгород «Везелица», 2008. – 183 с.

### **6.3. Перечень интернет ресурсов**

1. [www.StandartGOST.ru](http://www.StandartGOST.ru) - Открытая база ГОСТов
2. [www.eskd.ru](http://www.eskd.ru) - Единая система конструкторской документации
3. [www.fips.ru](http://www.fips.ru) - Федеральный институт промышленной собственности Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам
4. [www.rupto.ru](http://www.rupto.ru) - Роспатент. Федеральная служба по интеллектуальной собственности

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Дисциплина «Оптимизация технологических процессов» проводится на кафедре механического оборудования в специализированных аудиториях.

Лекционные и практические занятия по дисциплине осуществляются в специализированной учебной аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации ГУК №117. Данная аудитория укомплектована специализированной мебелью, а также оснащена техническими средствами обучения: ноутбуком, проектором, проекционным экраном. В аудитории установлены следующие установки: модель бетоносмесителя двухвального, дробилка 3-х валковая, бетоносмеситель роторный, модель мельницы, мельница-дробилка вибрационная, дезинтегратор, бегуны, бетоносмеситель роторный, грохот дуговой, дробилка щековая, дробилка молотковая МД 2х2, дробилка роторная РМ-120, дробилка конусная, грохот, бетоносмеситель, смеситель шлама.

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория ГУК №012, оснащенная специализированной мебелью, техническими средствами обучения: проекционным экраном, проектором, компьютерной техникой – персональными компьютерами с операционной системой Windows Education 10, имеющими возможность подключения к сети "Интернет" и обеспечения доступа в электронную информационно-образовательную среду БГТУ имени В.Г. Шухова. На персональных компьютерах установлено следующее программное обеспечение:

Microsoft Office Word 2013 – для создания, редактирования и представления текстовых документов;

Microsoft Office Excel 2013 – для создания, редактирования и представления электронных таблиц данных;

Microsoft Office Access 2013 – для создания, редактирования и представления баз данных;

Microsoft Office Power Point 2013 – для создания, редактирования и представления презентаций.

Двух- и трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения – AutoCAD 2017.



## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа с изменениями, дополнениями утверждена на 2018/2019 учебный год.

Протокол № 25 заседания кафедры от «18» 05 2018 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Директор института \_\_\_\_\_



И.В. Ермоленко

### 6.1. Перечень основной литературы

1. Булгаков С.Б., Семикопенко И.А. Оптимизация технологических процессов / методические указания к выполнению практических заданий – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. – 85 с. Режим доступа <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2018100612545039400000658054>

2. 1. Булгаков С.Б., Семикопенко И.А. Оптимизация технологических процессов / учебное пособие для студентов всех форм обучения направления подготовки 15.04.02 – технологические машины и оборудование – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. – 129 с. Режим доступа <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2018051710243211100000655720>

3. Богданов В.С., Ильин А.С., Семикопенко И.А. Процессы в производстве строительных материалов. Белгород, Везелица, 2007. – 512с.

4. Богданов В.С., Шарапов Р.Р., Семикопенко И.А., Фадин Ю.М., Несмеянов Н.П., Герасименко В.Б. Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий. Учебник для ВУЗов. - Старый Оскол, издательство ТНТ, 2013. – 116с.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.  
Протокол № 21 заседания кафедры от «11» 06 2019 г.

Заведующий кафедрой



В.С. Бойденев

Директор института



К.В. Яркоцкий



## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 20<sup>20</sup>/20<sup>21</sup> учебный год.  
Протокол № 15 заседания кафедры от «8» ИЮН 20<sup>20</sup>г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

  
В. С. Боcharов


Директор института \_\_\_\_\_

  
А. В. Ярковетский

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2021/2022 учебный год.  
Протокол № 22 заседания кафедры от «11» МАЯ 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

 В. С. Богданов

Директор института \_\_\_\_\_

 А. В. Архаров

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение №1

Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины «Оптимизация технологических процессов»

### 1.1 Подготовка к лекции.

Лекции по дисциплине «Оптимизация технологических процессов» читаются в специализированных аудиториях, оборудованных проектором, ноутбуком, экраном и специализированным программным обеспечением AutoCAD, позволяющие демонстрировать рисунки, иллюстрации и чертежи для освоения лекционного теоретического материала.

Магистрант обязан посещать лекции и вести рукописный конспект.

Для формирования у магистрантов глубоких знаний о сущности и закономерностях процессов, реализуемых в ПСМ при производстве строительных материалов и изделий издан учебник «Основные процессы в производстве строительных материалов», авторы Богданов В.С., Ильин А.С., Семикопенко И.А., 2е издание. – Белгород: БГТУ им. Шухова, 2008, 183 с.

### 1.2 Подготовка к практическим занятиям.

Темы практических занятий доводятся магистрантам на первом занятии. Оформление практических занятий осуществляется в тетради объемом 24 стр. К каждому практическому занятию магистрант готовится самостоятельно: изучает и конспектирует теоретические сведения и расчеты.

Для подготовки к практическим занятиям необходима следующая литература: Оптимизация технологических процессов: методические указания для выполнения практических работ по дисциплине «Оптимизация технологических процессов» для магистров направления подготовки 15.04.02 – Технологические машины и оборудование профиля «Разработка технологического оборудования и комплексов предприятий строительной индустрии» / сост. С.Б. Булгаков, И.А. Семикопенко – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. - 58 с.

1.3 Расчетно-графическое задание выполняется магистром самостоятельно по темам, выданным преподавателем. Темы на расчетно-графические задания выдаются преподавателем в начале 2<sup>го</sup> семестра. Консультации, проводимые преподавателем, осуществляются по графику, утвержденному заведующим кафедрой. Требования к выполнению расчетно-графических заданий определены в методических указаниях.

1.4 Экзамен по дисциплине – Оптимизация технологических процессов - принимает комиссия, состоящая из преподавателей кафедры механического оборудования (2 – 3 чел.) в соответствии с расписанием экзаменационной сессии.

К сдаче экзамена допускаются магистранты, которые выполнили и защитили практические занятия.

Подготовка к экзамену магистрантом осуществляется по конспекту лекций, основной и дополнительной литературе, электронным ресурсам кафедры Механического оборудования и интернет-ресурсам в соответствии с приведенным перечнем вопросов в п. 5.1.