



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.  
Носова»



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

Направление подготовки (специальность)  
15.04.02 Технологические машины и оборудование

Направленность (профиль/специализация) программы  
Инжиниринг в металлургическом машиностроении

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения  
очная

|                     |                                                                     |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Институт/ факультет | Институт металлургии, машиностроения и материалообработки           |
| Кафедра             | Проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования |
| Курс                | 1                                                                   |
| Семестр             | 1                                                                   |

Магнитогорск  
2025 год

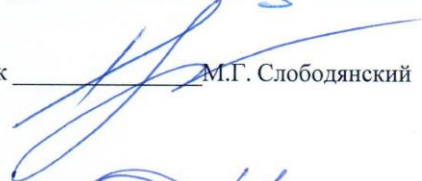
Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование (приказ Минобрнауки России от 14.08.2020 г. № 1026)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования 27.01.2025, протокол № 3

Зав. кафедрой  А.Г. Корчунов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ 04.02.2025 г. протокол № 4

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры ПиЭММиО, канд. техн. наук  М.Г. Слободянский

Рецензент:  
Гл. механик ООО НПЦ "Гальва", канд. техн. наук  В.А. Русанов

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Проектирования и эксплуатации

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Г. Корчунов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Проектирования и эксплуатации

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Г. Корчунов

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целью дисциплины является освоение базовых принципов создания цифровых двойников изделий и объектов металлургического машиностроения

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Цифровые двойники в машиностроении входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Базовые знания полученные в ходе прохождения обучения по программе бакалавриата.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Инновационное предпринимательство

Проектные расчёты показателей надёжности деталей машин

Реверсивный инжиниринг

Учебная - педагогическая практика

САЕ-системы в машиностроении

Основы работы в Autodesk Fusion 360

Производственная - технологическая (проектно-технологическая) практика

Технологии прототипирования в металлургическом машиностроении

Экспертиза конструкторской и технологической документации

Подготовка и сдача государственного экзамена

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Цифровые двойники в машиностроении» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции                                                             |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-3           | Способен осуществлять инжиниринговую деятельность в области металлургического машиностроения |
| ПК-3.1         | Разрабатывает предложения по совершенствованию машиностроительного производства              |
| ПК-3.2         | Применяет методы реверсивного инжиниринга для разработки конструкторской документации        |

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 37 акад. часов;
- аудиторная – 36 акад. часов;
- внеаудиторная – 1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 107 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет

| Раздел/ тема дисциплины                                                                                                                             | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |           |             | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код компетенции |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------|-----------|-------------|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------|
|                                                                                                                                                     |         | Лек.                                         | лаб. зан. | практ. зан. |                                 |                            |                                                                 |                 |
| 1. Введение в дисциплину                                                                                                                            |         |                                              |           |             |                                 |                            |                                                                 |                 |
| 1.1 Основные понятия, термины и определения                                                                                                         | 1       | 2                                            |           |             | 10                              | Изучение литературы        | Устный опрос                                                    | ПК-3.1, ПК-3.2  |
| 1.2 Стандарты, регламентирующие процесс создания цифрового двойника                                                                                 |         | 2                                            |           |             | 10                              | Изучение литературы        | Устный опрос                                                    | ПК-3.1, ПК-3.2  |
| Итого по разделу                                                                                                                                    |         | 4                                            |           |             | 20                              |                            |                                                                 |                 |
| 2. Жизненный цикл изделия                                                                                                                           |         |                                              |           |             |                                 |                            |                                                                 |                 |
| 2.1 Стадии жизненного цикла изделия металлургического машиностроения                                                                                | 1       | 2                                            |           |             | 10                              | Изучение литературы        | Устный опрос                                                    | ПК-3.1, ПК-3.2  |
| 2.2 Применение цифровых двойников на различных этапах жизненного цикла изделия                                                                      |         | 2                                            |           |             | 15                              | Изучение литературы        | Устный опрос                                                    | ПК-3.1, ПК-3.2  |
| 2.3 Концепция PLM в управлении жизненным циклом изделия                                                                                             |         | 2                                            |           |             | 20                              | Изучение литературы        | Устный опрос                                                    | ПК-3.1, ПК-3.2  |
| Итого по разделу                                                                                                                                    |         | 6                                            |           |             | 45                              |                            |                                                                 |                 |
| 3. Цифровые двойники                                                                                                                                |         |                                              |           |             |                                 |                            |                                                                 |                 |
| 3.1 Классификация цифровых двойников                                                                                                                | 1       | 1                                            |           |             | 15                              | Изучение литературы        | Устный опрос                                                    | ПК-3.1, ПК-3.2  |
| 3.2 Методы создания цифрового двойника. 3D-моделирование, на базе IoT (интернет вещей), CAE -системы (математические модели), визуализация, AR, VR. |         | 3                                            |           |             | 15                              | Изучение литературы        | Устный опрос                                                    | ПК-3.1, ПК-3.2  |
| 3.3 Методика создания                                                                                                                               |         | 2                                            |           | 18          |                                 | Изучение                   | Устный опрос.                                                   | ПК-3.1, ПК-     |

|                                                                      |   |    |  |    |     |                                             |                                                     |                |
|----------------------------------------------------------------------|---|----|--|----|-----|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------|
| типового цифрового двойника изделия металлургического машиностроения |   |    |  |    |     | литературы. Выполнение практических работы. | Проверка результатов выполнения практических работ. | 3.2            |
| Итого по разделу                                                     |   | 6  |  | 18 | 30  |                                             |                                                     |                |
| 4. ERP системы                                                       |   |    |  |    |     |                                             |                                                     |                |
| 4.1 Понятие ERP системы                                              | 1 | 1  |  |    | 8   | Изучение литературы                         | Устный опрос                                        | ПК-3.1, ПК-3.2 |
| 4.2 Принцип работы и типовая структура ERP системы                   |   | 1  |  |    | 4   | Изучение литературы                         | Устный опрос                                        | ПК-3.1, ПК-3.2 |
| Итого по разделу                                                     |   | 2  |  |    | 12  |                                             |                                                     |                |
| Итого за семестр                                                     |   | 18 |  | 18 | 107 |                                             | зачёт                                               |                |
| Итого по дисциплине                                                  |   | 18 |  | 18 | 107 |                                             | зачет                                               |                |

## **5 Образовательные технологии**

Для усвоения студентами знаний по дисциплине применяются традиционная технология обучения, включающая в себя объяснения преподавателя на лекциях, самостоятельную работу с учебной и справочной литературой по дисциплине, работу на практических занятиях и т.п.

В ходе изложения лекционного материала используются презентации, плакаты по теме занятий, наглядные пособия. На занятиях студенты выполняют задания на изучение в рамках программы курса тем и проблем, невыносимых на лекции и практические занятия; заполняют вслед за преподавателем схемы, таблицы по изучаемой тематике; приводят собственные примеры, очевидно подтверждающие излагаемый материал.

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины используются специализированные интерактивные технологии:

- Лекция «обратной связи» – лекция-беседа, лекция-дискуссия.
- Семинар-дискуссия – коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе (межгрупповой диалог, дискуссия как спор-диалог).

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки к практическим занятиям и итоговой аттестации.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) Основная литература:**

Информационные системы управления производственной компанией : учебник и практикум для вузов / под редакцией Н. Н. Лычкиной. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 249 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00764-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/468813> (дата обращения: 04.06.2021).

### **б) Дополнительная литература:**

1. Колошкина, И. Е. Автоматизация проектирования технологической документации : учебник и практикум для вузов / И. Е. Колошкина. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 371 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14010-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/477164> (дата обращения: 04.06.2021).

2. Инженерная 3D-компьютерная графика в 2 т. Том 1 : учебник и практикум для вузов / А. Л. Хейфец, А. Н. Логиновский, И. В. Буторина, В. Н. Васильева ; под редакцией А. Л. Хейфеца. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 328 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02957-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470887> (дата обращения: 04.06.2021).

3. Инженерная 3D-компьютерная графика в 2 т. Том 2 : учебник и практикум для вузов / А. Л. Хейфец, А. Н. Логиновский, И. В. Буторина, В. Н. Васильева ; под редакцией А. Л. Хейфеца. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 279 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02959-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470888> (дата обращения: 04.06.2021).

### **в) Методические указания:**

Колошкина, И. Е. Автоматизация проектирования технологической документации : учебник и практикум для вузов / И. Е. Колошкина. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 371 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14010-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/477164> (дата обращения: 04.06.2021).

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

| Наименование ПО             | № договора                   | Срок действия лицензии |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------|
| MS Office 2007 Professional | № 135 от 17.09.2007          | бессрочно              |
| 7Zip                        | свободно распространяемое ПО | бессрочно              |

|                                                           |                        |           |
|-----------------------------------------------------------|------------------------|-----------|
| Comsol<br>Multiphysics<br>Academic Class                  | К-69-14 от 18.09.2014  | бессрочно |
| Autodesk<br>AutoCad 2011<br>Master Suite                  | К-526-11 от 22.11.2011 | бессрочно |
| Autodesk<br>AutoCad<br>Mechanical 2011<br>Master Suite    | К-526-11 от 22.11.2011 | бессрочно |
| Autodesk<br>Inventor<br>Professional 2011<br>Master Suite | К-526-11 от 22.11.2011 | бессрочно |
| Autodesk Revit<br>Structure 2011<br>Master Suite          | К-526-11 от 22.11.2011 | бессрочно |
| АСКОН Компас<br>3D v.16                                   | Д-261-17 от 16.03.2017 | бессрочно |
| APM WinMachine<br>2010                                    | Д-262-12 от 15.02.2012 | бессрочно |

#### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

| Название курса                                                                                                                                                                                                        | Ссылка                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)                                                                                                                      | URL:<br><a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>                                                                                                           |
| Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»                                                                                                                    | URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>                                                                                                                                              |
| Российская Государственная библиотека. Каталоги                                                                                                                                                                       | <a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>                                                                                                       |
| Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова                                                                                                                                                                   | <a href="https://host.megaprolib.net/M/P0109/Web">https://host.megaprolib.net/M/P0109/Web</a>                                                                                                             |
| Информационная система - Нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы, нормативные и методические документы и подготовленные проекты документов по технической защите информации ФСТЭК России | <a href="https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty-tzi?ysclid=lujknksfy724757053">https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty-tzi?ysclid=lujknksfy724757053</a> |

#### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Лаборатория металлургического оборудования

1. Модель доменной печи
2. Модель литейного двора доменного цеха
3. Модель сверлильной машины
4. Модель электропушки
5. Модель дуговой электропечи
6. Модель машины непрерывного литья заготовок.

Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки , ауд.407, 279

Персональные компьютеры с пакетом MS Office, КОМПАС 3D V16, Autodesk Inventor, Autocad, 3dSMax и выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета ауд.407, 279

Наличие аудиторий для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

ауд.407, 279 Доска, мультимедийный проектор, экран

Наличие помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования - ауд.407, 279

Шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий, ауд.407, 279, 296,408, 2103.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Примерный перечень вопросов к основным разделам дисциплины:

1. Дать определение понятию «Адекватность модели».
2. Понятие «Жизненный цикл изделия».
3. Понятие «Изделие».
4. Понятие «Компьютерная модель» согласно ГОСТР 57700.37-2021.
5. Понятие «математической модели».
6. Математическое моделирование.
7. Программное обеспечение компьютерного моделирования.
8. Цифровая модель изделия согласно ГОСТР 57700.37-2021.
9. Цифровой двойник изделия.
10. Общие требования к созданию цифровых двойников согласно ГОСТР 57700.37-2021.
11. Модель жизненного цикла изделия.
12. Типовые стадии жизненного цикла изделия.
13. Процессы жизненного цикла.
14. Субъекты управления жизненным циклом.
15. Порядок управления жизненного цикла изделия.
16. Типы цифровых двойников.
17. Концепция PLM в управлении жизненным циклом изделия
18. Понятие ERP системы
19. Принцип работы и типовая структура ERP системы
20. Применение цифровых двойников на различных этапах жизненного цикла изделия
21. Стандарты, регламентирующие процесс создания цифрового двойника
22. САД системы.
23. САЕ системы.
24. Методы создания цифрового двойника
- 25.

### Примеры заданий для практической работы.

#### Пример №1.

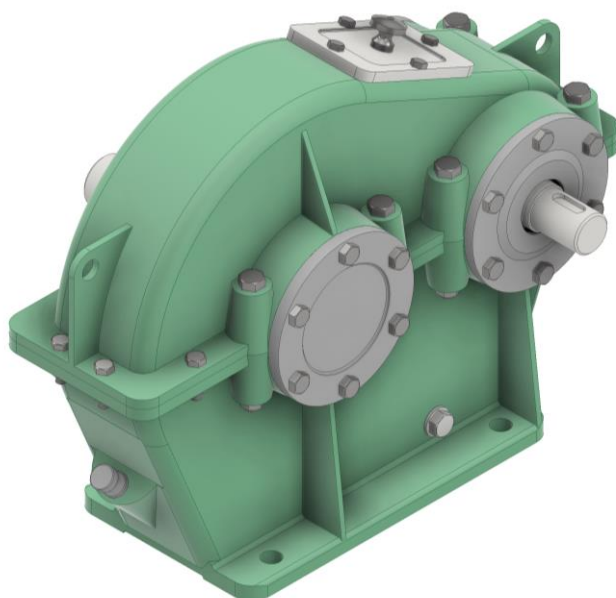
Разработать цифровой двойник одноступенчатого цилиндрического редуктора привода ленточного конвейера.

Цифровой двойник должен содержать:

1. 3D модель.
2. САЕ расчеты основных элементов предлагаемой конструкции.
3. Описание математических моделей, использованных при создании цифрового двойника.
4. Описание применения цифрового двойника на различных стадиях жизненного цикла разрабатываемой конструкции.
5. Комплект конструкторской документации.

Пример выполнения практического задания

Образец 3d модели одноступенчатого цилиндрического редуктора.



### Пример №2.

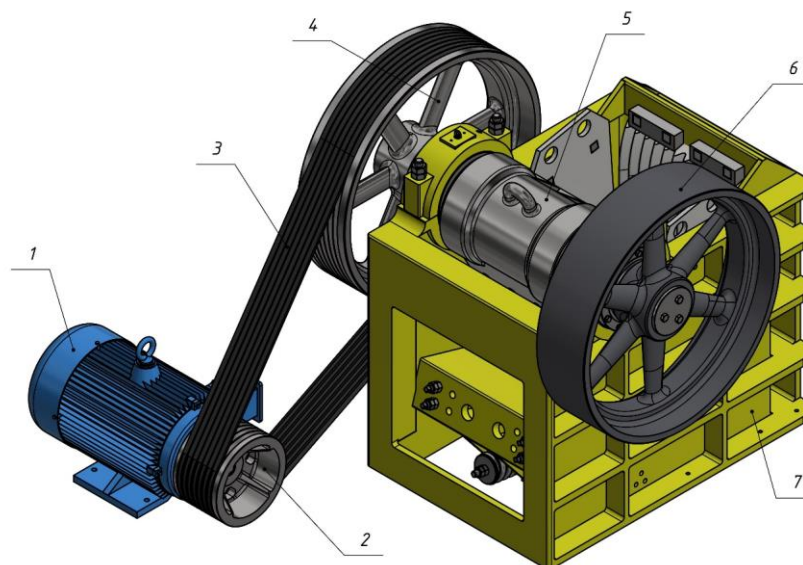
Разработать цифровой двойник щековой дробилки со сложным качанием щеки.

Цифровой двойник должен содержать:

1. 3D модель.
2. CAE расчеты основных элементов предлагаемой конструкции.
3. Описание математических моделей, использованных при создании цифрового двойника.
4. Описание применения цифрового двойника на различных стадиях жизненного цикла разрабатываемой конструкции.
5. Комплект конструкторской документации.

Пример выполнения практического задания

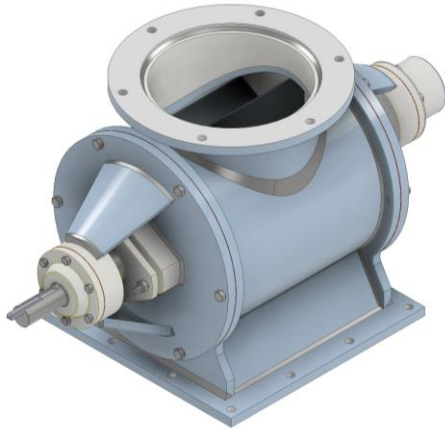
Образец 3d модели щековой дробилки со сложным качанием щеки.



## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

| Структурный элемент компетенции                                                                          | Планируемые результаты обучения                                                 | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ПК-3 Способен осуществлять инжиниринговую деятельность в области металлургического машиностроения</b> |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ПК-3.1                                                                                                   | Разрабатывает предложения по совершенствованию машиностроительного производства | <p>Перечень вопросов к основным разделам дисциплины:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дать определение понятию «Адекватность модели».</li> <li>2. Понятие «Жизненный цикл изделия».</li> <li>3. Понятие «Изделие».</li> <li>4. Понятие «Компьютерная модель» согласно ГОСТР 57700.37-2021.</li> <li>5. Понятие «математической модели».</li> <li>6. Математическое моделирование.</li> <li>7. Программное обеспечение компьютерного моделирования.</li> <li>8. Цифровая модель изделия согласно ГОСТР 57700.37-2021.</li> <li>9. Цифровой двойник изделия.</li> <li>10. Общие требования к созданию цифровых двойников согласно ГОСТР 57700.37-2021.</li> <li>11. Модель жизненного цикла изделия.</li> <li>12. Типовые стадии жизненного цикла изделия.</li> <li>13. Процессы жизненного цикла.</li> <li>14. Субъекты управления жизненным циклом.</li> <li>15. Порядок управления жизненного цикла изделия.</li> <li>16. Типы цифровых двойников.</li> <li>17. Концепция PLM в управлении жизненным циклом изделия</li> <li>18. Понятие ERP системы</li> <li>19. Принцип работы и типовая структура ERP системы</li> <li>20. Применение цифровых двойников на различных этапах жизненного цикла изделия</li> <li>21. Стандарты, регламентирующие процесс создания цифрового двойника</li> <li>22. CAD системы.</li> <li>23. CAE системы.</li> <li>24. Методы создания цифрового двойника</li> </ol> |
| ПК-3.2                                                                                                   | Применяет методы                                                                | <b>Практическое задание</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

| Структурный элемент компетенции            | Планируемые результаты обучения                                      | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                   |      |      |      |     |      |      |      |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------|------|------|-----|------|------|------|--|--|--|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----------------------------------|-----|---|----|----|----|----|---|----|----|----|-------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|-----|------|------|------|---------------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|------|-----|-----|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------------------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------------------------|---|----|----|----|----|---|---|----|----|----|-------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|---------------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------------------------------|-----|---|-----|------|---|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------------------|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|------|------|
|                                            | реверсивного инжиниринга для разработки конструкторской документации | <p>Разработать цифровой двойник шлюзового питателя Ш5-30.</p> <p>Цифровой двойник должен содержать:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>3D модель.</li><li>САЕ расчеты основных элементов предлагаемой конструкции.</li><li>Описание математических моделей, использованных при создании цифрового двойника.</li><li>Описание применения цифрового двойника на различных стадиях жизненного цикла разрабатываемой конструкции.</li><li>Комплект конструкторской документации.</li></ol> <table><tr><th colspan="11">Вариант с 1 по 10</th></tr><tr><th>№ варианта</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th></tr><tr><td>Производительность питателя, т/ч</td><td>4,8</td><td>6</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>16</td><td>6</td><td>15</td><td>10</td><td>20</td></tr><tr><td>Насыпная плотность материала, кг/м³</td><td>320</td><td>420</td><td>1200</td><td>1800</td><td>2700</td><td>1900</td><td>700</td><td>1850</td><td>1200</td><td>2500</td></tr><tr><td>Высота засыпки материала в бункере, м</td><td>3</td><td>2,5</td><td>3,5</td><td>2,9</td><td>3,6</td><td>2,4</td><td>2,5</td><td>2,9</td><td>3,5</td><td>3,6</td></tr><tr><td>Угол естественного откоса материала, град</td><td>42</td><td>38</td><td>44</td><td>42</td><td>39</td><td>41</td><td>38</td><td>35</td><td>44</td><td>39</td></tr><tr><td>Частота вращения барабана, с<sup>-1</sup></td><td>0,5</td><td>0,8</td><td>0,4</td><td>0,7</td><td>0,9</td><td>1</td><td>0,8</td><td>0,55</td><td>0,4</td><td>0,9</td></tr><tr><td>Число ячеек барабана, шт</td><td>6</td><td>8</td><td>8</td><td>6</td><td>8</td><td>8</td><td>8</td><td>6</td><td>8</td><td>6</td></tr><tr><td>Длина питателя, м</td><td>0,4</td><td>0,4</td><td>0,38</td><td>0,42</td><td>0,4</td><td>0,3</td><td>0,3</td><td>0,42</td><td>0,38</td><td>0,42</td></tr></table> <table><tr><th colspan="11">Вариант с 11 по 20</th></tr><tr><th>№ варианта</th><th>11</th><th>12</th><th>13</th><th>14</th><th>15</th><th>16</th><th>17</th><th>18</th><th>19</th><th>20</th></tr><tr><td>Производительность питателя, т/ч</td><td>8</td><td>16</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>6</td><td>6</td><td>20</td><td>10</td><td>15</td></tr><tr><td>Насыпная плотность материала, кг/м³</td><td>390</td><td>1900</td><td>1200</td><td>1850</td><td>1900</td><td>1200</td><td>700</td><td>2700</td><td>1200</td><td>1850</td></tr><tr><td>Высота засыпки материала в бункере, м</td><td>3</td><td>2,4</td><td>3,5</td><td>2,9</td><td>2,4</td><td>2,5</td><td>2,5</td><td>3,6</td><td>3,5</td><td>2,9</td></tr><tr><td>Угол естественного откоса материала, град</td><td>42</td><td>41</td><td>44</td><td>38</td><td>41</td><td>38</td><td>38</td><td>39</td><td>44</td><td>35</td></tr><tr><td>Частота вращения барабана, с<sup>-1</sup></td><td>0,5</td><td>1</td><td>0,4</td><td>0,55</td><td>1</td><td>0,8</td><td>0,8</td><td>0,9</td><td>0,4</td><td>0,8</td></tr><tr><td>Число ячеек барабана, шт</td><td>6</td><td>8</td><td>8</td><td>6</td><td>8</td><td>8</td><td>8</td><td>8</td><td>8</td><td>6</td></tr><tr><td>Длина питателя, м</td><td>0,3</td><td>0,3</td><td>0,38</td><td>0,36</td><td>0,35</td><td>0,38</td><td>0,3</td><td>0,4</td><td>0,38</td><td>0,37</td></tr></table>  | Вариант с 1 по 10 |      |      |      |     |      |      |      |  |  |  | № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Производительность питателя, т/ч | 4,8 | 6 | 10 | 15 | 20 | 16 | 6 | 15 | 10 | 20 | Насыпная плотность материала, кг/м³ | 320 | 420 | 1200 | 1800 | 2700 | 1900 | 700 | 1850 | 1200 | 2500 | Высота засыпки материала в бункере, м | 3 | 2,5 | 3,5 | 2,9 | 3,6 | 2,4 | 2,5 | 2,9 | 3,5 | 3,6 | Угол естественного откоса материала, град | 42 | 38 | 44 | 42 | 39 | 41 | 38 | 35 | 44 | 39 | Частота вращения барабана, с <sup>-1</sup> | 0,5 | 0,8 | 0,4 | 0,7 | 0,9 | 1 | 0,8 | 0,55 | 0,4 | 0,9 | Число ячеек барабана, шт | 6 | 8 | 8 | 6 | 8 | 8 | 8 | 6 | 8 | 6 | Длина питателя, м | 0,4 | 0,4 | 0,38 | 0,42 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,42 | 0,38 | 0,42 | Вариант с 11 по 20 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | № варианта | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | Производительность питателя, т/ч | 8 | 16 | 10 | 15 | 20 | 6 | 6 | 20 | 10 | 15 | Насыпная плотность материала, кг/м³ | 390 | 1900 | 1200 | 1850 | 1900 | 1200 | 700 | 2700 | 1200 | 1850 | Высота засыпки материала в бункере, м | 3 | 2,4 | 3,5 | 2,9 | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 3,6 | 3,5 | 2,9 | Угол естественного откоса материала, град | 42 | 41 | 44 | 38 | 41 | 38 | 38 | 39 | 44 | 35 | Частота вращения барабана, с <sup>-1</sup> | 0,5 | 1 | 0,4 | 0,55 | 1 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,4 | 0,8 | Число ячеек барабана, шт | 6 | 8 | 8 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 6 | Длина питателя, м | 0,3 | 0,3 | 0,38 | 0,36 | 0,35 | 0,38 | 0,3 | 0,4 | 0,38 | 0,37 |
| Вариант с 1 по 10                          |                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                   |      |      |      |     |      |      |      |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
| № варианта                                 | 1                                                                    | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3                 | 4    | 5    | 6    | 7   | 8    | 9    | 10   |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
| Производительность питателя, т/ч           | 4,8                                                                  | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 10                | 15   | 20   | 16   | 6   | 15   | 10   | 20   |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
| Насыпная плотность материала, кг/м³        | 320                                                                  | 420                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1200              | 1800 | 2700 | 1900 | 700 | 1850 | 1200 | 2500 |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
| Высота засыпки материала в бункере, м      | 3                                                                    | 2,5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 3,5               | 2,9  | 3,6  | 2,4  | 2,5 | 2,9  | 3,5  | 3,6  |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
| Угол естественного откоса материала, град  | 42                                                                   | 38                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 44                | 42   | 39   | 41   | 38  | 35   | 44   | 39   |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
| Частота вращения барабана, с <sup>-1</sup> | 0,5                                                                  | 0,8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0,4               | 0,7  | 0,9  | 1    | 0,8 | 0,55 | 0,4  | 0,9  |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
| Число ячеек барабана, шт                   | 6                                                                    | 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 8                 | 6    | 8    | 8    | 8   | 6    | 8    | 6    |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
| Длина питателя, м                          | 0,4                                                                  | 0,4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0,38              | 0,42 | 0,4  | 0,3  | 0,3 | 0,42 | 0,38 | 0,42 |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
| Вариант с 11 по 20                         |                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                   |      |      |      |     |      |      |      |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
| № варианта                                 | 11                                                                   | 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 13                | 14   | 15   | 16   | 17  | 18   | 19   | 20   |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
| Производительность питателя, т/ч           | 8                                                                    | 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 10                | 15   | 20   | 6    | 6   | 20   | 10   | 15   |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
| Насыпная плотность материала, кг/м³        | 390                                                                  | 1900                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1200              | 1850 | 1900 | 1200 | 700 | 2700 | 1200 | 1850 |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
| Высота засыпки материала в бункере, м      | 3                                                                    | 2,4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 3,5               | 2,9  | 2,4  | 2,5  | 2,5 | 3,6  | 3,5  | 2,9  |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
| Угол естественного откоса материала, град  | 42                                                                   | 41                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 44                | 38   | 41   | 38   | 38  | 39   | 44   | 35   |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
| Частота вращения барабана, с <sup>-1</sup> | 0,5                                                                  | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0,4               | 0,55 | 1    | 0,8  | 0,8 | 0,9  | 0,4  | 0,8  |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
| Число ячеек барабана, шт                   | 6                                                                    | 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 8                 | 6    | 8    | 8    | 8   | 8    | 8    | 6    |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |
| Длина питателя, м                          | 0,3                                                                  | 0,3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0,38              | 0,36 | 0,35 | 0,38 | 0,3 | 0,4  | 0,38 | 0,37 |  |  |  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                  |     |   |    |    |    |    |   |    |    |    |                                     |     |     |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |     |     |     |     |   |     |      |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                  |   |    |    |    |    |   |   |    |    |    |                                     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |                                       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                            |     |   |     |      |   |     |     |     |     |     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                   |     |     |      |      |      |      |     |     |      |      |

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Цифровые двойники в машиностроении» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и лабораторные задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме.

**Показатели и критерии оценивания зачета:**

- на оценку «зачтено» - обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

- на оценку «не зачтено» - обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.