



## РОССИЙСКАЯ НЕДЕЛЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ

12 – 14 ОКТЯБРЯ 2022

Санкт-Петербург,  
Президентская библиотека

**Подготовка инженерных кадров,  
обладающих компетенциями в  
сфере технического  
регулирования**





РОССИЙСКАЯ  
НЕДЕЛЯ  
СТАНДАРТИЗАЦИИ



## Технический комитет 700 Росстандарта «Математическое моделирование и высокопроизводительные вычислительные технологии»

**Председатель ТК 700:** О.Н. Рязанцев, заместитель Министра промышленности и торговли Российской Федерации  
**Зам. Председателя ТК 700:** Р.М. Шагалиев, заместитель директора и заместитель научного руководителя «РФЯЦ-ВНИИЭФ», руководитель приоритетного технологического направления «Технологии высокопроизводительных вычислений, включая суперкомпьютерные технологии»

**Разработчик национального стандарта:** ТК 700, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», ФГАОУ ВО «СПбПУ», рабочая группа «Цифровые двойники» ТК 700 (вошли представители 25 организаций):

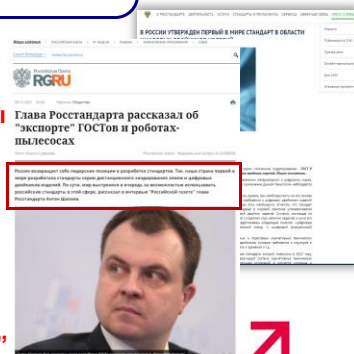


Окончательная редакция стандарта одобрена на заседании ТК 700 12.08.2021, утверждена приказом Росстандарта № 979-ст от 16.09.2021. Стандарт введен в действие с 1 января 2022 г.



Руководитель Росстандарта Антон Шалаев:  
«В Российской Федерации первым в мире появился национальный стандарт на цифровые двойники изделия. Впервые в мировой практике ГОСТом установлены единые определения цифрового двойника, виртуальных испытаний, виртуальных испытательных стендов, виртуальных испытательных полигонов».

08.11.2021: «Так, наша страна первой в мире разработала стандарты серии дистанционного зондирования земли и цифровых двойников изделий. По сути, мир выстроился в очередь за возможностью использовать российский стандарты»





## Глава Росстандарта А.П. Шалаев посетил СПбПУ с целью обсудить планы развития на ближайшие годы

12 октября 2022 г. глава Росстандарта А.П. Шалаев посетил СПбПУ с визитом, чтобы поблагодарить разработчиков национального стандарта ГОСТ Р 57700.37–2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения» и обсудить планы развития и взаимодействия Росстандарта и СПбПУ на ближайшие годы.



1. **Согласование термина «цифровой двойник» с другими разработчиками стандартов**, в которых было дано определение термина «цифровой двойник» → **продвижение термина «цифровой двойник» с учетом ГОСТ Р 57700.37–2021 и отраслевой специфики;**
2. **Разработка и внедрение SMART-стандартов совместно с ПТК 711 «Умные (SMART) стандарты»;**
3. **Развитие национального стандарта ГОСТ Р 57700.37–2021 в отношении оборонной продукции: разработка военного дополнения к национальному стандарту ГОСТ Р 57700.37–2021 при участии** следующих организаций:

- ✓ Министерство промышленности и торговли РФ;
- ✓ Министерство обороны РФ (550 ВП);
- ✓ ФГАОУ ВО «СПБПУ»;
- ✓ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»;
- ✓ ФГУП «ВНИИ «Центр»;
- ✓ ФГУП «КГНЦ»;
- ✓ ...



Глава Росстандарта сообщил, что за прошедший год ни одна страна в мире не смогла разработать и выпустить аналогичный стандарт про создание цифровых двойников на стадии разработки.



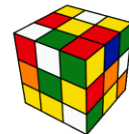


Разработка ЦД может осуществляться как для разрабатываемых изделий (еще не созданных), так и для изделий, ранее спроектированных и (или) уже эксплуатируемых

цифровой двойник изделия; ЦД: Система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями.

Примечания

- 1 Цифровой двойник разрабатывается и применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия.
- 2 При создании и применении цифрового двойника изделия участникам процессов жизненного цикла (по ГОСТ Р 56135) рекомендуется применять программно-технологическую платформу цифровых двойников.



ЦД-Р – цифровой двойник, наполнение и функциональность которого определяется в ходе реализации стадии разработки изделия



ЦД-П – цифровой двойник, наполнение и функциональность которого определяется в ходе реализации стадии производства изделия



ЦД-Э – цифровой двойник, наполнение и функциональность которого определяется в ходе реализации стадии эксплуатации изделия

1. Разработка (ЦД-Р)

2. Производство (ЦД-П)

3. Эксплуатация (ЦД-Э)



## Соотношение понятий «математическая модель», «компьютерная модель» и «цифровая модель» в рамках ГОСТ Р «Компьютерные модели и моделирование. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ИЗДЕЛИЙ. Общие положения»

Цифровая  
модель

Компьютерная  
модель

Математическая  
модель

**Цифровая модель изделия:** Система математических и компьютерных моделей, а также электронных документов изделия, описывающая структуру, функциональность и поведение вновь разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на различных стадиях жизненного цикла, для которой на основании результатов цифровых и (или) иных испытаний по ГОСТ 16504 выполнена оценка соответствия предъявляемым к изделию требованиям.

Примечания

- 1 Цифровая модель создается с использованием ПО КМ и (или) инструментальных программных и иных средств.
- 2 Цифровая модель должна описывать структуру, функциональность и поведение разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на тех стадиях жизненного цикла, которые установлены в соответствующих технических заданиях.
- 3 Наполнение и функциональность цифровой модели изделия зависит от стадии жизненного цикла изделия.
- 4 Оценка соответствия цифровой модели изделия в общем случае включает в себя процедуры верификации и валидации математических моделей по ГОСТ Р 57188, компьютерных моделей и ПО КМ по ГОСТ Р 57700.1, ГОСТ Р 57700.2, ГОСТ Р 57700.24, ГОСТ Р 57700.25.
- 5 Под электронными документами понимаются электронные документы по ГОСТ 2.001, ГОСТ 3.1001, ГОСТ 3.1102, ГОСТ 19.101, ГОСТ 34.601, ГОСТ Р 58301.

**Компьютерная модель (электронная модель):** Модель, выполненная в компьютерной (вычислительной) среде и представляющая собой совокупность данных и программного кода, необходимого для работы с данными.

Примечание — В основе компьютерной модели лежит математическая модель, реализованная в виде программного кода, и данные, определяющие конкретный объект моделирования.

[ГОСТ Р 57412—2017 Компьютерные модели в процессах разработки, производства и эксплуатации изделий. Общие положения и ГОСТ Р 57700.22—2020 Компьютерные модели и моделирование. Классификация]

**Математическая модель:** Модель, в которой сведения об объекте моделирования представлены в виде математических символов и выражений.

[ГОСТ Р 57188—2016 Численное моделирование физических процессов. Термины и определения]



РОССИЙСКАЯ  
НЕДЕЛЯ  
СТАНДАРТИЗАЦИИ



## Уникальный онлайн-курс «Цифровые двойники изделий»

10 октября 2022 года на национальной образовательной платформе «Открытое образование» **стартовал первый в России образовательный онлайн-курс «Цифровые двойники изделий»**, посвященный **разработке и применению технологии цифровых двойников (Digital Twins) в высокотехнологичной промышленности.**

Онлайн-курс разработан авторами национального стандарта в полном соответствии с **ГОСТ Р 57700.37–2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения».**

Онлайн-курс состоит из **16 тем**, каждая тема содержит:

- **видеолекцию (7–15 минут);**
- **презентацию (5–10 слайдов);**
- **конспект (10–15 стр.);**
- **гlossарий (5–15 терминов и определений);**
- **дополнительную литературу (2–5 источников).**

Трудоемкость обучения – **72 академических часа** (примерная продолжительность обучения – **5–8 недель** при режиме занятий **2–3 акад. часа в день**).

ОНЛАЙН - КУРС

# ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ИЗДЕЛИЙ

Старт 10 октября 2022  
на платформе «Открытое образование»

НАБОР ОТКРЫТ!

приоритет2030  
Лидерами становятся

Политех  
Центр компетенций  
технологической индустрии  
Питер Великого

НЦМУ  
Центр компетенций  
технологической индустрии  
Питер Великого

Политех  
Центр компетенций  
технологической индустрии  
Питер Великого

Политех  
Центр компетенций  
технологической индустрии  
Питер Великого

CML  
Comp MechLab  
Центр компетенций  
технологической индустрии  
Питер Великого

Онлайн-курс подготовлен в рамках реализации программы стратегического академического лидерства **«Приоритет-2030».**

Подведение итогов обучения, **вручение Сертификатов и Удостоверений первым слушателям**, успешно завершившим обучение по курсу «Цифровые двойники изделий», **состоится в рамках Четвертого Международного форума «Передовые цифровые и производственные технологии»**, который пройдет в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого **14–16 декабря 2022 года.**

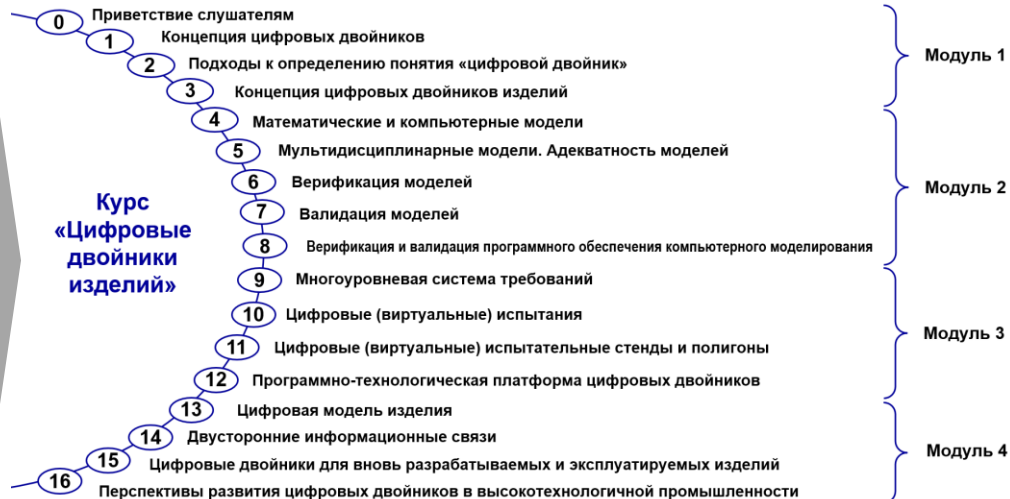


## Онлайн-курс «Цифровые двойники изделий» создан на основе, в дополнение и в развитие ГОСТ Р 57700.37–2021

11 терминов, приведенных разработчиками:

1. Адекватность модели;
2. Валидация модели изделия;
3. Валидация программного обеспечения компьютерного моделирования;
4. Верификация программного обеспечения компьютерного моделирования;
5. Многоуровневая система требований;
6. Сертификация программного обеспечения компьютерного моделирования;
7. Цифровая модель изделия;
8. Цифровой двойник изделия;
9. Цифровой (виртуальный) испытательный полигон;
10. Цифровой (виртуальный) испытательный стенд;
11. Цифровые (виртуальные) испытания.

### Структура образовательного онлайн-курса «Цифровые двойники изделий»

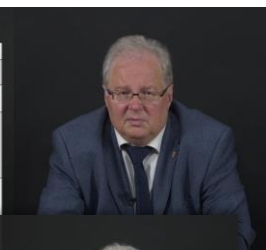
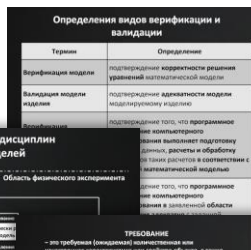
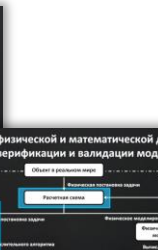
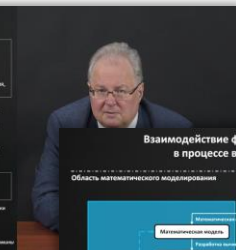
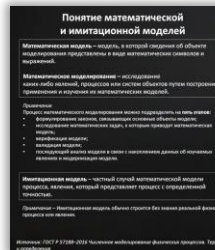




| Структура курса Цифровые двойники изделий для Национального Проекта Цифровая Экономика |                                                           |                                                           |                                                           |                                                           |                                                           |                                                           |                                                           |                                                           |                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Тема                                                                                   | Вопросы                                                   | Лекции                                                    | Семинары                                                  | Самостоятельная работа                                    | Экспертная оценка                                         | Средняя оценка                                            | Максимальная оценка                                       | Минимальная оценка                                        | Максимальная оценка                                       |
| 1. Введение в курс                                                                     | 1.1. Цифровые двойники изделий                            | 1.2. Цифровые двойники изделий                            | 1.3. Цифровые двойники изделий                            | 1.4. Цифровые двойники изделий                            | 1.5. Цифровые двойники изделий                            | 1.6. Цифровые двойники изделий                            | 1.7. Цифровые двойники изделий                            | 1.8. Цифровые двойники изделий                            | 1.9. Цифровые двойники изделий                            |
| 2. Математические модели                                                               | 2.1. Математические модели                                | 2.2. Математические модели                                | 2.3. Математические модели                                | 2.4. Математические модели                                | 2.5. Математические модели                                | 2.6. Математические модели                                | 2.7. Математические модели                                | 2.8. Математические модели                                | 2.9. Математические модели                                |
| 3. Компьютерные модели                                                                 | 3.1. Компьютерные модели                                  | 3.2. Компьютерные модели                                  | 3.3. Компьютерные модели                                  | 3.4. Компьютерные модели                                  | 3.5. Компьютерные модели                                  | 3.6. Компьютерные модели                                  | 3.7. Компьютерные модели                                  | 3.8. Компьютерные модели                                  | 3.9. Компьютерные модели                                  |
| 4. Взаимодействие физических и математических дисциплин                                | 4.1. Взаимодействие физических и математических дисциплин | 4.2. Взаимодействие физических и математических дисциплин | 4.3. Взаимодействие физических и математических дисциплин | 4.4. Взаимодействие физических и математических дисциплин | 4.5. Взаимодействие физических и математических дисциплин | 4.6. Взаимодействие физических и математических дисциплин | 4.7. Взаимодействие физических и математических дисциплин | 4.8. Взаимодействие физических и математических дисциплин | 4.9. Взаимодействие физических и математических дисциплин |
| 5. Цифровые двойники изделий                                                           | 5.1. Цифровые двойники изделий                            | 5.2. Цифровые двойники изделий                            | 5.3. Цифровые двойники изделий                            | 5.4. Цифровые двойники изделий                            | 5.5. Цифровые двойники изделий                            | 5.6. Цифровые двойники изделий                            | 5.7. Цифровые двойники изделий                            | 5.8. Цифровые двойники изделий                            | 5.9. Цифровые двойники изделий                            |
| 6. Заключение                                                                          | 6.1. Заключение                                           | 6.2. Заключение                                           | 6.3. Заключение                                           | 6.4. Заключение                                           | 6.5. Заключение                                           | 6.6. Заключение                                           | 6.7. Заключение                                           | 6.8. Заключение                                           | 6.9. Заключение                                           |

## Структура курса

## 1 Видеоматериалы



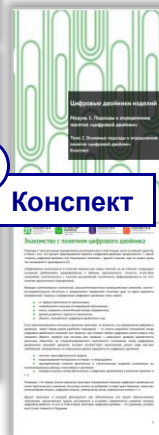
## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Конспект. Тема 4. Математические и компьютерные модели
- Презентация. Тема 4. Математические и компьютерные модели
- Глоссарий. Тема 4. Математические и компьютерные модели

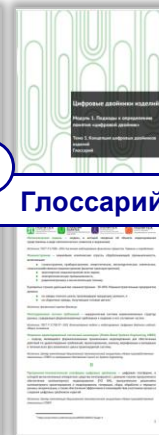
Рекомендованная литература

- ГОСТ Р 57188-2016 Численное моделирование физических процессов. Термины и определения. - Режим доступа: <https://portal.gost.ru/docucenter.aspx?contid=78id=205363>
- ГОСТ Р 57700.37-2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения». - Режим доступа: <http://portal.gost.ru/docucenter.aspx?contid=78id=241313>
- Самарский А.А. Современная прикладная математика и вычислительный эксперимент / Коинформ. - 1983. - № 18. - С. 31-42.

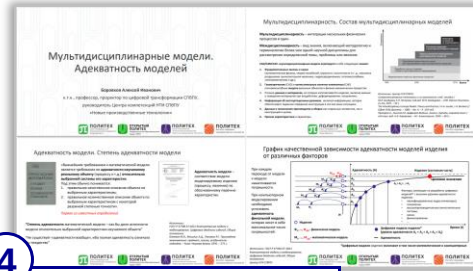
## 2 Конспект



## 3 Глоссарий



## 4 Расширенная презентация





РОССИЙСКАЯ  
НЕДЕЛЯ  
СТАНДАРТИЗАЦИИ



Записаться на онлайн-курс «Цифровые двойники изделий»



<https://openedu.ru/course/spbstu/DIGTWIN>



## Определения из ГОСТ Р 57700.37–2021 «Компьютерные модели и моделирование. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ИЗДЕЛИЙ. Общие положения»

### 11 терминов, приведенных разработчиками:

1. адекватность модели;
2. валидация модели изделия;
3. валидация программного обеспечения компьютерного моделирования;
4. верификация программного обеспечения компьютерного моделирования;
5. **многоуровневая система требований;**
6. сертификация программного обеспечения компьютерного моделирования;
7. цифровая модель изделия;
8. цифровой двойник изделия;
9. цифровой (виртуальный) испытательный полигон;
10. цифровой (виртуальный) испытательный стенд;
11. цифровые (виртуальные) испытания.

**Многоуровневая система требований:** Иерархическая система взаимосвязанных структур данных, содержащих формализованные требования к изделию и его составным частям.

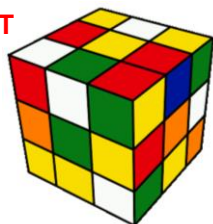
### Примечания

1. В процессе создания цифрового двойника, требования верхних уровней декомпозируются, в том числе на целевые показатели и ресурсные ограничения для нижних уровней. Достижение целевых показателей и (или) удовлетворение ресурсным ограничениям всех нижних уровней должно обеспечивать удовлетворение требований более высокого уровня.
2. **Частным случаем многоуровневой системы требований является многоуровневая матрица требований** (п. 3.22, включая целевые показатели и ресурсные ограничения).
3. Данные, поступающие от эксплуатируемого изделия, используются для уточнения многоуровневой системы требований, доработки цифровых моделей с целью прогнозирования поведения изделия в различных условиях эксплуатации, оптимизации затрат на техническое обслуживание, ремонт, а также модернизации изделия.

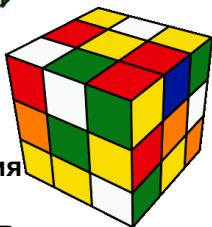


## Разработка многоуровневой матрицы требований, целевых показателей и ресурсных ограничений (МТ) – ключевой процесс при создании цифрового двойника

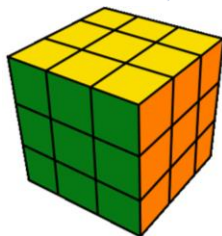
Формирование МТ



Балансировка требований, целевых показателей и ресурсных ограничений



Разработка и изменение цифровых моделей изделия и при необходимости технологических процессов



Сбалансированная МТ

Число всех достижимых различных состояний кубика Рубика 3x3x3 равно  $(8! \times 3^{8-1}) \times (12! \times 2^{12-1})/2 = 43$  квинтиллиона 252 квадриллиона 3 триллиона 274 миллиарда 489 миллионов 856 тысяч

С учётом ориентации центральных квадратов количество состояний возрастает в  $4^6/2 = 2048$  раз,

до 88 секстиллионов 580 квинтиллионов 102 квадриллионов 706 триллионов 155 миллиардов 230 миллионов состояний



2x2x2



3x3x3



10x10x10



... 19x19x19



... 33x33x33



3x3x9



Square-1



Сиамские  
кубики

Алгоритм Бога

Кубик Рубика  $3 \times 3 \times 3$  всегда может быть собран не более чем в 20 ходов (считая за один ход поворот любой из 6 граней на 90 или 180 градусов)

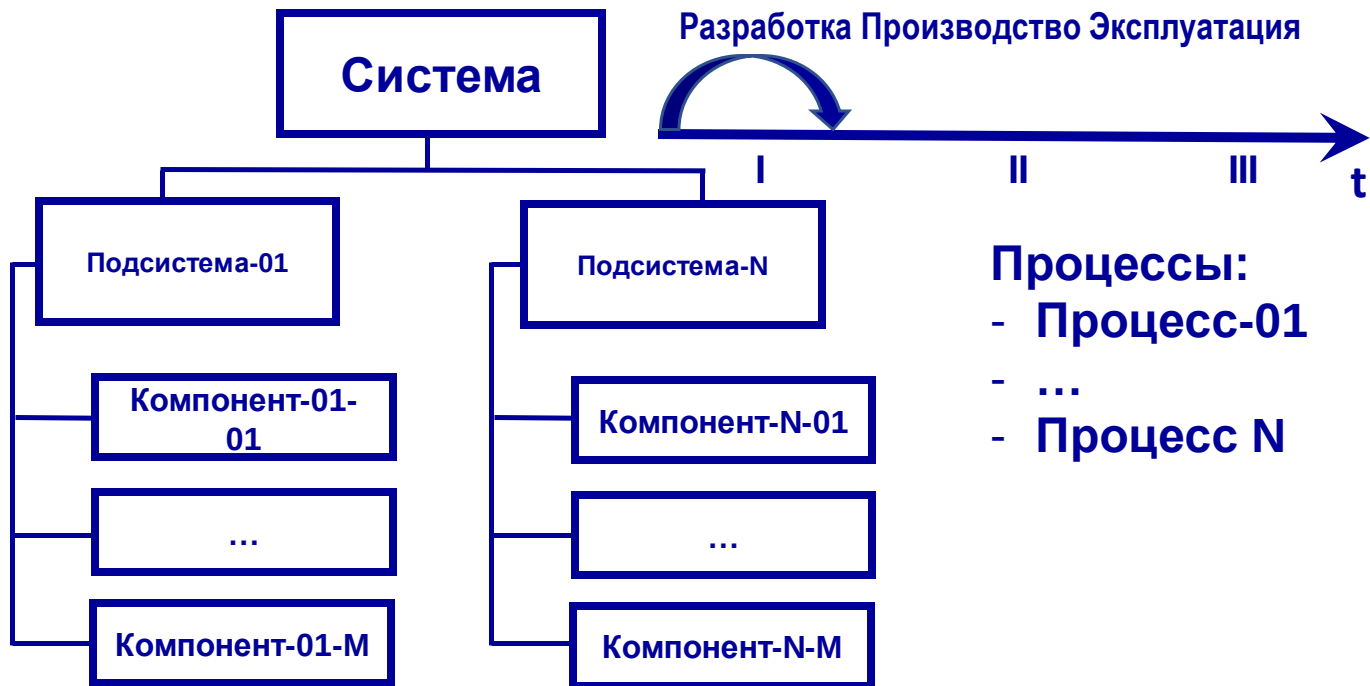
Французский дизайнер Грегор Пфенниг разработал самый большой кубик.

Число подвижных элементов – 6 153.

Вес – 3.15 кг (это в 22 раза тяжелее чем стандартный кубик Рубика). Все элементы куба были распечатаны на 3D принтере и собраны вручную.



## ПИШ «Цифровой инжиниринг» СПбПУ. Матрица требований, целевых показателей и ресурсных ограничений (1)





РОССИЙСКАЯ  
НЕДЕЛЯ  
СТАНДАРТИЗАЦИИ



## ПИШ «Цифровой инжиниринг» СПбПУ.

### Матрица требований, целевых показателей и ресурсных ограничений (2)

“Объект, изделие” – Передовая инженерная школа

Позиционирование, дифференциация – **ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ**

Стадии жизненного цикла – 2022\*, 2023, 2024, 2025 – 2030 гг.



## ПИШ «Цифровой инжиниринг» СПбПУ.

### Матрица требований, целевых показателей и ресурсных ограничений (2)

“Объект, изделие” – Передовая инженерная школа

Позиционирование, дифференциация – **ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ**

Стадии жизненного цикла – 2022\*, 2023, 2024, 2025 – 2030 гг.

Основное требование-1 – **ФРОНТИРНЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ ЗАДАЧИ**  
от Индустриальных партнеров

Основное требование-2 – Официальные письма поддержки ПИШ с  
указанием **объемов софинансирования**

Основное требование-3 – **“Технологическая продуктовая логика”**



## ПИШ «Цифровой инжиниринг» СПбПУ.

### Матрица требований, целевых показателей и ресурсных ограничений (2)

“Объект, изделие” – Передовая инженерная школа

Позиционирование, дифференциация – **ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ**

Стадии жизненного цикла – 2022\*, 2023, 2024, 2025 – 2030 гг.

Основное требование-1 – **ФРОНТИРНЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ ЗАДАЧИ**  
от Индустриальных партнеров

Основное требование-2 – Официальные письма поддержки ПИШ с  
указанием **объемов софинансирования**

Основное требование-3 – **“Технологическая продуктовая логика”**

Целевые показатели: **ЦП-ПИШ >> ЦП-КД**



## ПИШ «Цифровой инжиниринг» СПбПУ.

### Матрица требований, целевых показателей и ресурсных ограничений (2)

“Объект, изделие” – Передовая инженерная школа

Позиционирование, дифференциация – **ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ**

Стадии жизненного цикла – 2022\*, 2023, 2024, 2025 – 2030 гг.

Основное требование-1 – **ФРОНТИРНЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ ЗАДАЧИ**  
от Индустриальных партнеров

Основное требование-2 – Официальные письма поддержки ПИШ с  
указанием **объемов софинансирования**

Основное требование-3 – **“Технологическая продуктовая логика”**

Целевые показатели: **ЦП-ПИШ >> ЦП-КД**

Ресурсные ограничения: 2022\*-2024-2030, финансы ( $V_{гб} < V_{сф} < V_{ниокр}$ ),



## Концепция, структура и показатели реализации Программы ПИШ «Цифровой инжиниринг» СПбПУ 2022-2030 гг.



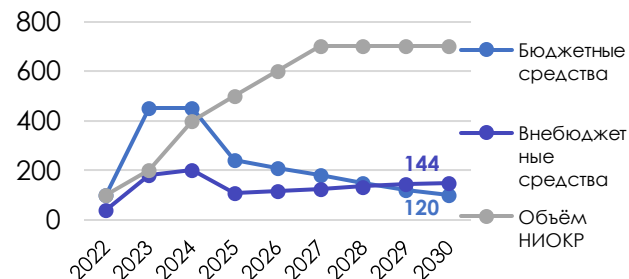


## Показатели ПИШ «Цифровой инжиниринг» СПбПУ

Ключевые показатели, накопительным итогом:

|           | 2022 | 2023 | 2024 | 2027  | 2030 | Результаты к 2030 г.:                       | Вклад в реализацию<br>Федерального проекта<br>ПИШ (на 2030 г.) |
|-----------|------|------|------|-------|------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| ПР(ПИШ 1) | 1    | 1    | 1    | 1     |      | созданная ПИШ ЦИ                            | 3,3% (к базе 30 шт.)                                           |
| ПР(ПИШ 2) | 20   | 120  | 270  | 1 020 |      | сотрудники ПИШ<br>пройдут ПК и ПП           | 22,2% (к базе 10 000 чел.)                                     |
| ПР(ПИШ 3) | 5    | 25   | 65   | 305   |      | студентов пройдет<br>стажировку (грант)     | 44,4% (к базе 1 800 чел.)                                      |
| P1(а)     | 3    | 20   | 30   | 60    |      | новых образовательных<br>программ           | 25% (к базе 120 шт.)<br>на 2024 г.                             |
| P2(б)     | 0    | 5,3  | 10,3 | 65,5  |      | % обучающихся по<br>сетевым программам      |                                                                |
| P3(в)     | 40   | 200  | 550  | 1 750 |      | инженеров пройдут ДПО                       | 34% (к базе 9 990 чел.)                                        |
| P4(г)     | 10   | 20   | 50   | 600   |      | обученных будет<br>трудоустроено            | 7% (к базе 40 050 чел.)                                        |
| P5(д)     | 1    | 1    | 5    | 10    |      | новых пространств                           | 7% (к базе 230 шт.)                                            |
| P6(е)     | 40   | 40   | 45   | 70    |      | отношение ВНБ к бюджету                     |                                                                |
| P7(ж)     | 100  | 300  | 700  | 2 500 |      | привлеченного<br>финансирования на<br>НИОКР | 8% (к базе 60 млрд<br>руб.)                                    |
| P8(з)     | 0    | 5,3  | 15,3 | 30,1  |      | рост количества РИД<br>СПБПУ                |                                                                |
| P9(и)     | 10   | 45   | 150  | 600   |      | студентов пройдет<br>стажировку             | 69% (к базе 1 890 чел.)                                        |

### Бюджет реализации Программы ПИШ ЦИ, млн руб.



Программа ПИШ ЦИ СПбПУ получила финансовую поддержку со стороны Правительства Санкт-Петербурга в лице губернатора Беглова А.Д. в размере 50 млн руб. на 2022-2023 гг.



## Описание ПИШ «Цифровой инжиниринг» СПбПУ

### Участие ПИШ в решении задач, соответствующих мировому уровню актуальности и значимости в приоритетных областях технологического развития РФ

Научно-технологический фокус  
ПИШ ЦИ – Приоритеты СНТР РФ:

20) А - переход к передовым цифровым и интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта

20) Б - переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии

20) Е - связанность территории РФ за счет создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем, ...

20) Ж - возможность эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий, ...

### Фронтирные инженерные задачи:

1. **Разработка цифровых технологий и платформенных решений** и глобально конкурентоспособной высокотехнологичной продукции на основе технологий цифровых двойников (двигателестроение, атомное и нефтегазовое машиностроение и др.) для обеспечения импортонезависимости и технологического суверенитета РФ
2. **Разработка и устойчивое развитие отечественных воздушных, морских и наземных газотурбинных двигателей и агрегатов:** снижение себестоимости и сроков разработки, объемов натурных испытаний на основе технологий цифровых двойников
3. **Системный цифровой инжиниринг, разработка и внедрение цифровых двойников для газовых центрифуг, установок и объектов атомной и термоядерной энергетики** для обеспечения ядерной и радиационной безопасности, включая аварийные ситуации. Импортозамещение в области водородных технологий
4. **Ускоренный переход (модернизационный рывок) к более эффективной, гибкой и устойчивой энергетике, в том числе на основе цифровой трансформации и интеллектуализации ТЭК**
5. **Разработка и применение новых материалов, включая полимерные композиционные материалы для ракетно-космической отрасли, нефтегазовой отрасли (в том числе для применения на Крайнем Севере) и др.; импортозамещение материалов в металлургии**

Направления исследований:

1. Кросс-отраслевые цифровые платформенные решения и технологии

2. Системный цифровой инжиниринг в двигателестроении

3. Цифровые технологии в атомной отрасли

4. Цифровые технологии для ТЭК

5. Новые материалы

Вклад в реализацию стратегий развития РФ:

Указ Президента РФ «О национальных целях развития РФ на период до 2030 г.»

Национальная программа «Цифровая экономика РФ», федеральный проект «Цифровые технологии»

Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности РФ до 2024 г. и до 2035 г.  
Государственная программа РФ «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 гг.»

Комплексная программа «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в РФ на период до 2024 г.»  
План мероприятий «Развитие водородной энергетики в РФ до 2024 г.»

Государственная программа Российской Федерации «Развитие энергетики»  
Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 г.

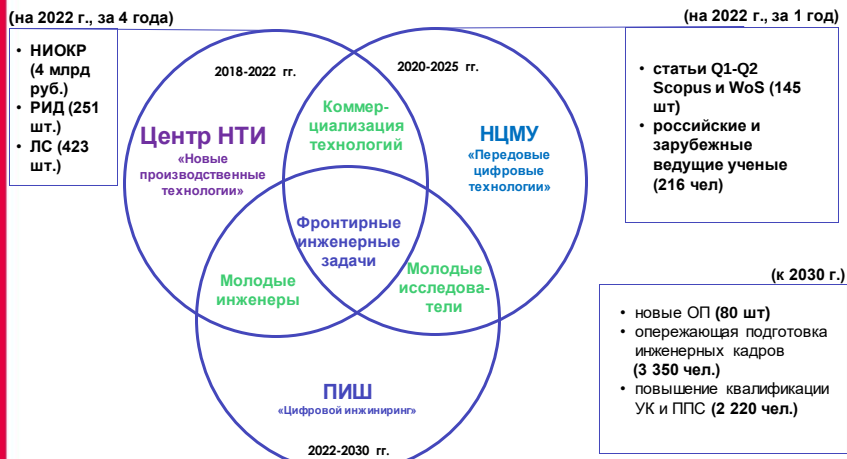
Указ Президента РФ «О Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения нац. безопасности на период до 2035 г.»



## Описание ПИШ «Цифровой инжиниринг» СПбПУ

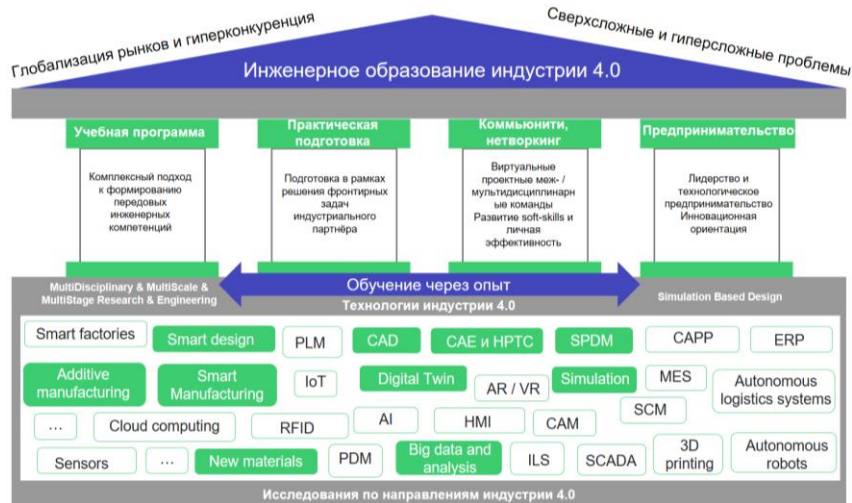
Цель ПИШ «Цифровой инжиниринг»: создание нового типа инженерной подготовки в интересах высокотехнологичных компаний России за счет цифровой трансформации образовательных подходов и технологий, включающей разработку новых ОП ВО и ДПО **на основе выполнения прорывных научно-технологических разработок и исследований, направленных на решение актуальных фронтальных инженерных задач**

Вклад Программы ПИШ в целевую модель университета



Ключевые характеристики передовой инженерной школы:

1. Кросс-отраслевые цифровые платформенные решения и технологии;
2. Системный цифровой инжиниринг в двигателестроении;
3. Цифровые технологии в атомной отрасли;



4. Цифровые технологии для ТЭК

5. Новые материалы.



## Ключевые партнёрства в рамках ПИШ «Цифровой инжиниринг» СПбПУ

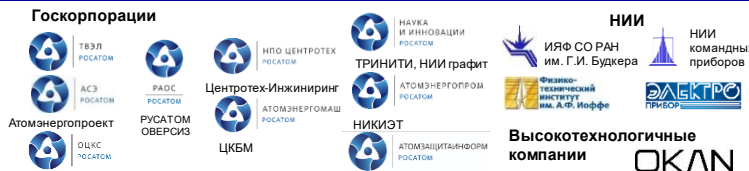
### 1. Кросс-отраслевые цифровые платформенные решения и технологии



### 2. Системный цифровой инжиниринг в двигателестроении



### 3. Цифровые технологии в атомной отрасли



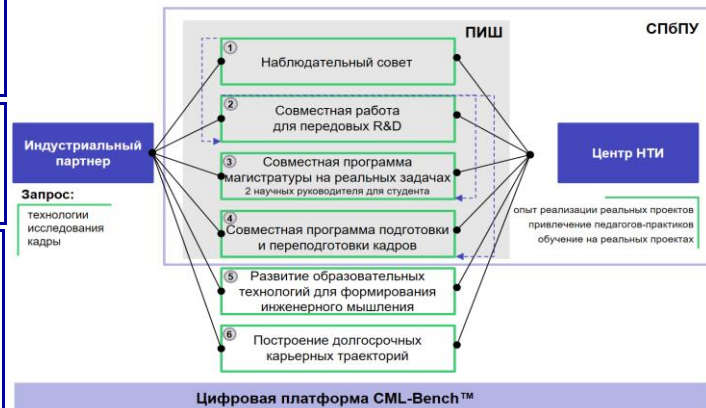
### 4. Цифровые технологии для ТЭК



### 5. Новые материалы



### Формат взаимодействия ПИШ ЦИ с высокотехнологическими компаниями



Ресурсное требование:  $V_{гб} < V_{сф} < V_{ниокр}$   
 $\Rightarrow V = V_0 + V_1 + V_2 = V_0 + 1,5 V_0 + 1,75 V_1 =$   
 $= (1 + 1,7 + 3,0) \text{ млрд руб.} = 5,7 \text{ млрд руб.}$

**22 письма** поддержки от высокотехнологичных партнеров с указанием направлений сотрудничества и НИОКР с объемом софинансирования **1,7 млрд руб. в 2022-2030 гг.**  
**4,6 млрд руб.** – общий объем суммы НИОКР ПИШ СПбПУ, которые будут реализованы по заказам высокотехнологичных компаний до 2030 года.



## Исследования и разработки: планируемые ключевые результаты

### 1. Кросс-отраслевые цифровые платформенные решения и технологии:

1. Разработаны новые версии отечественной **Цифровой платформы разработки и применения цифровых двойников CML-Bench™**, интегрирующие широкий спектр отечественного инженерного ПО
2. Национальный центр тестирования, верификации и валидации инженерингового программного обеспечения СПбПУ для целей импортозамещения инженерного ПО (с применением цифровых решений АСКОН, РФЯЦ ВНИИЭФ, консорциума «Развитие» и др.)
3. Разработана **комплексная методология поддержки принятия управленческих решений** по оптимизации деятельности компаний из нефтегазовой, транспортной и строительной отраслей на основе цифрового моделирования, проектирования и оптимизации производственных процессов

### 2. Системный цифровой инжиниринг в двигателестроении:

1. Впервые разработан цифровой двойник морского газотурбинного двигателя и создан инструмент проектирования на базе ЦП CML-Bench™ для снижения себестоимости и сроков разработки, объемов дорогостоящих и длительных натурных испытаний, управления жизненным циклом и повышения точности прогнозирования ресурса
2. Впервые разработана АИС «Электронное дело изделия» на базе ЦП CML-Bench™ для стандартизации и унификации процессов ведения «Дела изготовления и ремонта изделия», реализации единой методологии управления процессом изготовления и ремонта, создания инструментов ведения документов электронного «Дела изделия»
3. Разработаны научно-технические основы и конструкторская документация для создания **авиационного гибридного двигателя малой мощности и CAU**

### 3. Цифровые технологии в атомной отрасли:

1. Впервые разработаны и внедрены технологии **системного цифрового инжиниринга в атомном машиностроении** (газовые центрифуги, быстровращающиеся роторные системы и др.)
2. Разработаны **цифровые двойники строительных конструкций зданий и сооружений энергоблоков АЭС**, технологических систем и оборудования, модели технологических процессов и алгоритмы управления процессами
3. Применены технологии **цифровых двойников** для реализации технического проекта **корпуса блока реакторной установки на быстрых нейтронах** со свинцовым теплоносителем БР-1200
4. Разработаны **цифровые двойники** для математического моделирования **системы управления плазмофизическими процессами в токамаках, портах и диагностиках ITER**
5. Разработана **энергоэффективная технология получения водорода** с использованием отечественного оборудования и катализаторов; впервые в мире реализована химико-технологическая система использования тепловых ресурсов нового высокотемпературного газоохлаждаемого реактора для производства водорода



## Исследования и разработки: планируемые ключевые результаты

### 4. Цифровые технологии для ТЭК:

1. Разработаны цифровые технологии для непрерывных / процессных производств: гидродинамические модели для месторождений углеводородов, разрабатываемых ПАО «Газпром нефть»; модели пластовой флюидальной системы; автоматизированные процессы подготовки и работы с геофизическими, геологическими и промысловыми данными месторождений; алгоритмы по поиску скважин-кандидатов и их оптимизация перед бурением; результаты оптимизации системы разработки, объемов закачки, соотношения добывающих и нагнетательных скважин месторождений углеводородов и др.
2. Разработаны алгоритмы работы интеллектуальной системы управления инженерными объектами ТЭК: методика формирования цифрового паспорта сложного промышленного объекта ТЭК; методика построения цифровых моделей процессов эксплуатации на предприятиях ТЭК и др.

Разработанные методики лягут в основу разработки отраслевого стандарта по построению цифровых моделей сложных промышленных объектов (инженерных объектов) предприятий ТЭК, таких как газораспределительные станции, малые ГЭС, «цифровое месторождение» и др.

### 5. Новые материалы:

1. Разработано инженерное ПО для проведения топологической оптимизации изделий из композиционного материала с матрицей из суперконструкционного термопласта, армированного углеродным волокном; технологическая инструкция на сварку заготовок из ТПКМ для высокоответственных изделий из различных типов ТПКМ с целью получения сварного соединения с прочностью на сдвиг не менее 20 МПа.
2. Разработаны новые марки сталей в рамках импортозамещения для предотвращения коррозии нефтепромысловых трубопроводов и оборудования.
3. Разработана технология производства зубьев ковшей экскаваторов для горнодобывающей техники; технология композитной сваи для использования в зонах Арктики и многолетних мерзлых грунтов; технология производства мобильных композитных дорожных плит для освоения зон Крайнего Севера и Арктики
4. Разработаны методы повышения долговечности и надежности электротехнических материалов и изделий на их основе; проведена сертификация электротехнических материалов и изделий на их основе.



## Планируемые к запуску программы ДПО ПИШ “Цифровой инжиниринг” СПбПУ



**Развитие производства для достижения технологического лидерства**

Стоимость – 7,36 млн руб.

Кол-во слушателей – 32 руководителя из кадрового резерва ОАК



**Управление цифровым производством**

Стоимость – 10 млн руб. (ТЗ на согласовании)

Кол-во слушателей – 32 руководителя из кадрового резерва



**Бизнес-заказчик цифровых решений**

Стоимость – 10 млн руб. (ТЗ на согласовании)

Кол-во слушателей – 30 человек



**Подготовка математических и компьютерных моделей, расчеты прочности, оптимизация и проектирование с применением цифровой платформы CML-Bench**



**Цифровая трансформация предприятий ПАО «Т Плюс»**

Стоимость – 10 млн руб. (ТЗ на согласовании)

Кол-во слушателей – 260 человек



ИНСТИТУТ  
РЕГИОНАЛЬНОГО  
РАЗВИТИЯ



**Компьютерный инжиниринг и цифровое производство**

Стоимость – 0,315 млн руб. (ТЗ на согласовании)

Кол-во слушателей – 23 человека



Исключительные права на текстовые и графические материалы принадлежат ФГАОУ ВО «СПбПУ». Любое использование текстовых и графических материалов без разрешения ФГАОУ ВО «СПбПУ» запрещено. По вопросу получения разрешения на использование текстовых и графических материалов необходимо обратиться в Центр компетенций НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии» [represent@spbstu.ru](mailto:represent@spbstu.ru).



ПОЛИТЕХ  
Санкт-Петербургский  
политехнический университет  
Петра Великого



НЦМУ  
ПЕРЕДОВЫЕ ЦИФРОВЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ



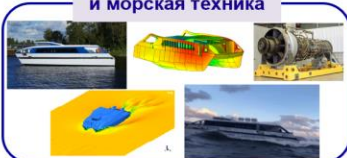
ПОЛИТЕХ  
Центр Национальной  
технологической инициативы  
Новые производственные технологии



CML  
ЦЕНТР  
КОМПЬЮТЕРНОГО  
ИНЖИНИРИНГА СМЕТ  
CompMechLab

## Центр компетенций НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии» – лидер цифровой трансформации промышленности на основе цифровых двойников

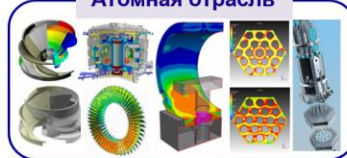
### Судостроение и морская техника



### Двигателестроение



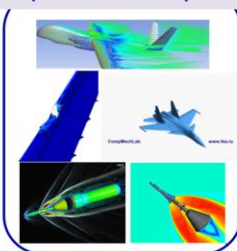
### Атомная отрасль



### Медицинская инженерия



### Аэрокосмическая отрасль



### Выручка по технологиям (2021, млн руб.)



(4 + 2) млрд руб.  
(НИОКР + гранты)  
в 2018–2021 гг.

400+

заключенных  
лицензионных соглашений с  
индустриальными партнерами  
(2018–2021)

50+

проектов  
для  
10+

высокотехнологичных  
отраслей  
промышленности  
(2021)

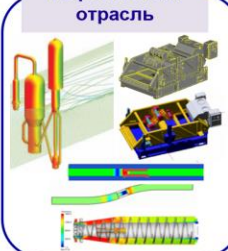
300+

инженеров

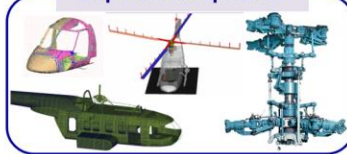
22 222+

человек  
прошли  
обучение  
(2018–2021)

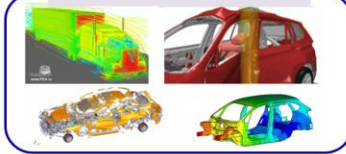
### Нефтегазовая отрасль



### Вертолетостроение



### Автомобилестроение



### Электротранспорт



### Ж/Д транспорт





## Некоторые проекты Центра НТИ СПбПУ в интересах АО «ОДК»

| № | Заказчик                               | Наименование проекта                                                                                                                                |
|---|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | АО «ОДК-Климов»                        | Снижение массы двигателя ТВ7-117СТ-01 на основе технологии <b>«цифровой двойник»</b>                                                                |
| 2 | АО «ОДК-Климов»                        | Наполнение <b>«цифрового двойника»</b> и оптимизация по массе с учетом технологической проработки деталей и сборочных единиц двигателя ТВ7-117СТ-01 |
| 3 | АО «ОДК-Климов»                        | Разработка <b>цифровых двойников</b> двигателей ВК-650В, ВК-1600В                                                                                   |
| 4 | ПАО «ОДК-Сатурн»                       | Создание <b>цифрового двойника</b> двигателя ПД-8                                                                                                   |
| 5 | ПАО «ОДК-Сатурн»                       | Разработка <b>цифрового двойника</b> морского газотурбинного двигателя М90ФР                                                                        |
| 6 | ПАО «ОДК-УМПО»,<br>«ОКБ им. А. Люльки» | Оптимизация проточной части компрессора низкого давления и снижение эмиссии СО и NOx в камере сгорания                                              |
| 7 | ПАО «Кузнецов»                         | Расчетные исследования рабочего колеса турбины ТВД НК-36                                                                                            |
| 8 | ПАО «Кузнецов»                         | Комплекс расчетных работ по оптимизации <b>передней опоры изделия РФ</b>                                                                            |
| 9 | АО «ОДК»                               | <b>Апробация цифровой платформы разработки цифровых двойников CML-Bench™</b>                                                                        |



Исключительные права на текстовые и графические материалы принадлежат ФГАОУ ВО «СПбПУ». Любое использование текстовых и графических материалов без разрешения ФГАОУ ВО «СПбПУ» запрещено. По вопросу получения разрешения на использование текстовых и графических материалов необходимо обращаться в Центр компетенций НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии» (nbscenter@spbstu.ru).



ПОЛИТЕХ  
Санкт-Петербургский  
политехнический университет  
Петра Великого



НЦМУ  
ПЕРЕДОВЫЕ ЦИФРОВЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ



ПОЛИТЕХ  
Центр Национальной  
технологической инициативы  
Новые производственные технологии



CML  
ЦЕНТР КОМПЬЮТЕРНОГО  
ИНЖИНИРИНГА СПбПУ  
CompMechLab

## Матрица требований, целевых показателей и ресурсных ограничений (t, \$, технологических / производственных, экологических, ...)





Исключительные права на текстовые и графические материалы принадлежат ФГАОУ ВО «СПбПУ». Любое использование текстовых и графических материалов без разрешения ФГАОУ ВО «СПбПУ» запрещено. По вопросу получения разрешения на использование текстовых и графических материалов необходимо обращаться в Центр компетенций НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии» (nibcenter@spbstu.ru).



ПОЛИТЕХ  
Санкт-Петербургский  
политехнический университет  
Петра Великого



НЦМУ  
ПЕРЕДОВЫЕ ЦИФРОВЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ



ПОЛИТЕХ  
Центр Национальной  
технологической инициативы  
Новые производственные технологии



CML  
ЦЕНТР  
КОМПЬЮТЕРНОГО  
ИНЖИНИРИНГА СПбПУ  
CompMechLab

## ОДК завершила первый этап создания цифрового двойника морского двигателя (сентябрь 2021 г.)

Специалисты **ОДК Ростеха** совместно со специалистами **Центра НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии»** завершили первый этап проекта по **разработке цифрового двойника морского газотурбинного двигателя** (ГТД) и редуктора в составе агрегата.

«Умный» двойник позволит **свести к минимуму затраты на изготовление опытных образцов** силовых установок, сократить сам **испытательный процесс**, поможет **управлять жизненным циклом изделия**.

*«Цифровизация **сокращает сроки и стоимость** создания двигателей и при этом позволяет нам предложить заказчикам **контракт полного жизненного цикла, подразумевающий поставку и обслуживание двигателя на всех этапах эксплуатации**», — пояснил заместитель генерального директора — генеральный конструктор ОДК **Юрий Шмотин**.*

**Разработка цифрового двойника морского газотурбинного двигателя М90ФР** ведется по заказу **Минпромторга России**. Работа над проектом рассчитана на четыре этапа, и ее завершение запланировано на **2023** год.



Настоящая работа также опирается на **терминологию и общие положения**, определенные во **впервые разработанном национальном стандарте**, подготовленном техническим комитетом №700 – **ГОСТ Р 57700.37-2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения»**.



**РОССИЙСКАЯ  
НЕДЕЛЯ  
СТАНДАРТИЗАЦИИ**

**Боровков Алексей Иванович**

<https://stdforum.gostinfo.ru>

