

Министерство образования и науки Российской Федерации

**Описание научно-образовательной стратегической академической  
единицы (САЕ) ФГАОУ ВО «ЮУрГУ» (НИУ)  
«Умная промышленность (Smart Manufacturing)»**

**Москва – 2017**

## Содержание





I. Резюме проекта создания и развития САЕ .....	1
II. Паспорт стратегической академической единицы университета (САЕ).....	4
1. Общая информация о САЕ .....	4
1.1. Перечень структурных подразделений, которые войдут в состав САЕ .....	4
1.2. Руководитель САЕ .....	5
1.3. Описание ключевых образовательных программ, реализуемых в рамках САЕ .....	5
1.4. Основные направления научно-исследовательских или инженерно-технических проектов.....	8
1.5. Текущий перечень основных внешних по отношению к университету выгодоприобретателей от деятельности САЕ .....	11
1.6. Сведения об инфраструктурном обеспечении САЕ.....	14
2. Планы по развитию образовательной деятельности САЕ. ....	15
2.1. Модернизация и обновление реализуемых образовательных программ .....	15
2.2. Развитие кадрового состава научно-педагогических работников, участвующих в реализации образовательных программ.....	17
3. Планы по развитию научно-исследовательской деятельности.....	18
3.1. Перечень приоритетных направлений научно-исследовательской деятельности/значимых инженерно-технических проектов САЕ .....	18
3.2. Развитие кадрового состава научно-педагогических работников, участвующих в научно-исследовательской деятельности .....	22
4. Показатели результативности САЕ .....	24
4.1. Перечень наиболее важных для САЕ направлений образовательной деятельности и областей научно-исследовательской/инженерно-технической деятельности, в которых будет обеспечена высокая конкурентоспособность университета в ближайшие 3-5 лет..	24
4.2. Влияние развития САЕ на мероприятия и показатели утверждённой «дорожной карты» университета .....	25
5. Структура и система управления САЕ.....	25
5.1. Организационный состав и структура в момент образования и основные изменения в составе и структуре на горизонте до 5 лет.....	25
5.2. Структура управления .....	26
5.3. Уровень автономности САЕ .....	29
6. Календарный план развития САЕ. ....	31

## I. Резюме проекта создания и развития САЕ



### Цель создания САЕ

Достижение научных прорывов мирового уровня в области цифровых технологий за счет внедрения технологий промышленного Интернета вещей на ведущих предприятиях Большого Урала и России.

Вызовы	Описание
 <b>Упадок традиционной промышленности</b>	Традиционные отрасли промышленности, такие как металлургическая и машиностроительная, теряют конкурентоспособность, а регионы, зависящие от этих отраслей – возможности для развития.
 <b>Взрывной рост объема данных</b>	Происходит взрывной рост объема данных, требующий эффективных технологий их сбора, передачи и обработки для принятия информированных решений.
 <b>Обеспечение кибербезопасности</b>	Внедрение промышленного Интернета вещей значительно повышает угрозу кибератак и масштаб их возможного негативного влияния на человечество.
 <b>Угроза экологии и изменение климата</b>	Планета находится под угрозой необратимого изменения климата, что требует снижения негативного воздействия на окружающую среду, большей ресурсо- и энергоэффективности. Регион Большого Урала страдает от плохой экологии.

## Направления деятельности

### Научные тематики

1. Цифровые двойники и модельно-упреждающее управление
2. Методы машинного обучения и интеллектуальный анализ сверхбольших данных для решения индустриальных задач
3. Сенсоры для промышленного Интернета вещей
4. Защита информации в индустриальных системах

1. Эффективное и автоматизированное машиностроение на основе новейших цифровых технологий
2. Экологичная и конкурентоспособная по качеству и издержкам металлургия
3. Новая экономика Урала

### Задачи САЕ

1. Повысить доходы от НИОКР за счет реализации масштабных комплексных проектов для промышленных партнеров
2. Проводить фундаментальные и прикладные исследования для решения глобальных вызовов, связанных с развитием цифровой экономики
3. Подготовить специалистов нового поколения, способных решать глобальные задачи в области цифровых технологий на высокооплачиваемых рабочих местах
4. Популяризация промышленного Интернета вещей путем проведения международных конференций и научно-практических семинаров



### Результаты

- Общий объем НИОКР в рамках САЕ превысит **3 млрд рублей** за период 2018-2020 гг.
- Количество публикаций в журналах **топ-25% SNIP** базы данных SCOPUS - **250** за период 2018-2020 г.
- **Увеличение показателя ЕГЭ** по образовательным программам САЕ до **80+** к 2020 г.
- **Опережающий рост заработной платы** выпускников относительно среднего показателя по региону
- Достижение позиции **301-350** в предметном рейтинге QS «Computer Science» к 2020 г.



Создание САЕ опирается на **конкурентные преимущества ЮУрГУ**:

- **Опыт реализации крупных проектов по приоритетным научным тематикам.** Объем выполненных работ, относящихся к научным тематикам САЕ, в приоритетных отраслях промышленности Большого Урала составил **1.05 млрд рублей в 2014-2016 гг.** Сформирован портфель крупных заказов по тематикам САЕ на 2018-2020 г. в размере **875 млн рублей.**
- **Развитые связи с промышленностью.** Среди ключевых партнеров – ведущая металлургическая компания **ММК**, мировой лидер в области промышленной автоматизации - корпорация **Emerson**, корпорация **SMS-group** - один из мировых лидеров в сфере металлургического машиностроения, а также крупное автомобильное предприятие **КАМАЗ.**
- **Образовательные программы, ориентированные на решение задач предприятий.** Более 1700 студентов обучаются на программах САЕ с индустриальными партнерами, такими как **Emerson (США)**, **Endress+Hauzer (Швейцария)** и **Лаборатория Касперского (РФ).**

Создание САЕ позволит внести значительный вклад в реализацию стратегических целей ЮУрГУ:



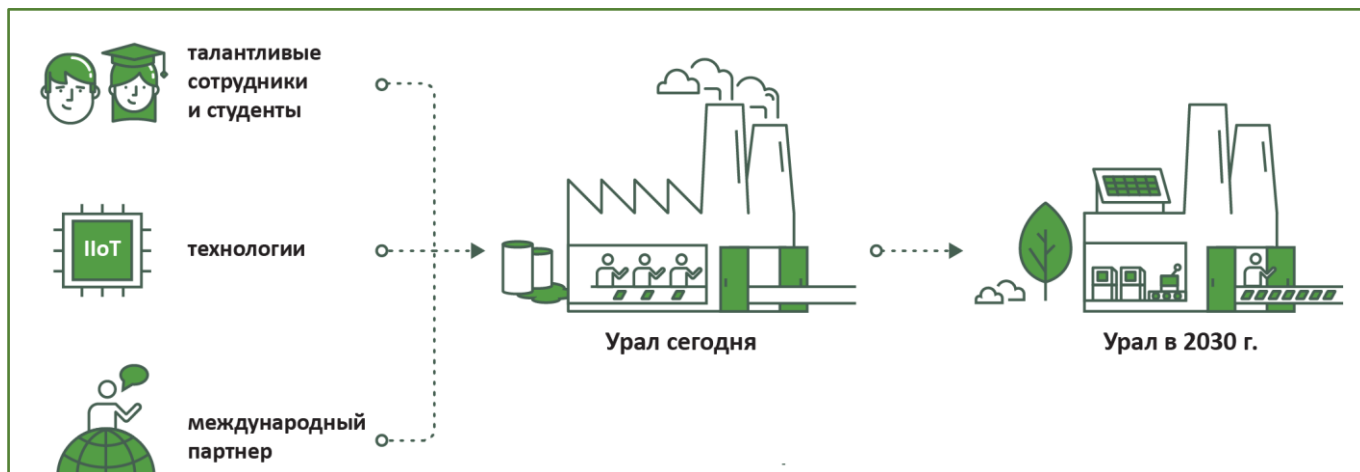
**Наука.** Успешная разработка цифровых решений для предприятий повысит внебюджетные доходы от НИОКР и приведет к росту высококачественных публикаций в быстрорастущих отраслях исследований. Реализация комплексных проектов позволит повысить уровень взаимодействия между ключевыми подразделениями ЮУрГУ.



**Образование.** Реализация образовательных программ по востребованным специальностям в партнерстве с ведущими академическими и индустриальными партнерами в рамках проектного подхода позволит привлечь лучших российских и зарубежных абитуриентов, что приведет к росту среднего балла ЕГЭ.



**Инновации и предпринимательство.** Успешная реализация крупных проектов с ведущими компаниями приведет к созданию совместных R&D центров, а внедрение успешных разработок будет осуществляться малыми инновационными предприятиями (МИП) в области инжиниринговых услуг и компьютерных наук. Тем самым САЕ внесет вклад в устойчивое развитие Большого Урала и создание благоприятных условий для жизни в регионе.



**Трансформация университета.** САЕ выступит локомотивом изменений ЮУрГУ, задав высокий стандарт качества научных исследований и образовательных программ для всего университета благодаря вовлечению лучших сотрудников и развитию новой модели взаимодействия с ведущими академическими и промышленными партнерами.



**Новейшие технологии в образовании.** САЕ «Умная промышленность» будет работать в тесном симбиозе с САЕ «Умное образование». Методики и технологии САЕ «Умное образование» будут использоваться для поддержки образовательных программ и развития смешанного обучения, а также общих научных тематик по анализу данных и искусственному интеллекту. Это позволит выйти на новый уровень качества обучения.

## II. Паспорт стратегической академической единицы университета (САЕ)

### 1. Общая информация о САЕ

#### 1.1. Перечень структурных подразделений, которые войдут в состав САЕ

САЕ будет институционализована в виде нового подразделения университета с привлечением лучших сотрудников из нижеперечисленных подразделений ЮУрГУ.

Научные тематики	Структурные подразделения ЮУрГУ
 <b>Цифровые двойники и модельно-упреждающее управление</b>	Кафедра вычислительной математики и высокопроизводительных вычислений Кафедра компьютерного моделирования и нанотехнологий
 <b>Методы машинного обучения и интеллектуальный анализ сверхбольших данных для решения промышленных задач</b>	Лаборатория проблемно-ориентированных облачных сред (руководитель – Andrey Chernykh, CICESE Research Centre, h-index 12) Межкафедральная учебная лаборатория математического моделирования и компьютерных технологий
 <b>Сенсорные системы и Индустриальный Интернет вещей</b>	Лаборатория технической самодиагностики и самоконтроля приборов и систем (руководитель – Manus Henry, University of Oxford, h-index 12) Лаборатория Emerson Plantweb Лаборатория Endress+Hauser Кафедра информационно-измерительной техники
 <b>Защита информации в промышленных системах</b>	НОЦ «Информационная безопасность» Лаборатории Касперского Кафедра защиты информации

САЕ будет также активно сотрудничать со следующими подразделениями ЮУрГУ:

1. Лаборатория суперкомпьютерного моделирования: <http://supercomputer.susu.ru/>;
2. Центр компьютерного инжиниринга: <http://www.engineering.susu.ru>, включая Лабораторию цифровых инжиниринговых технологий, созданную в 2017 г. совместно с **Siemens**.
3. Научно-производственный институт «Учебная техника и технологии».

## 1.2. Руководитель



В качестве научного руководителя САЕ на период 2018-2020 гг. предлагается следующая кандидатура: **Radu Prodan**, h-index – 26, Associate Professor. Institute for Computer Science, University of Innsbruck, Austria.

## 1.3. Описание ключевых образовательных программ, реализуемых в рамках САЕ

Более 1700 студентов ЮУрГУ обучаются на программах САЕ «Умная промышленность»: 1446 студентов бакалавриата и 257 студентов магистратуры. На образовательных программах САЕ обучаются большое количество студентов из зарубежных стран.

Все образовательные программы в рамках САЕ будут модернизироваться в соответствии с принципами, заложенными в дорожной карте ЮУрГУ на 2018-2020 гг.: приоритет интересов учащихся, эффективность процесса обучения, развитие социальной ценности Университета, фокус на ожидаемые результаты обучения и доступность образования.

### Существующие образовательные направления:

№ п/п	Направление	Ключевые российские и зарубежные партнеры	Общее число студентов
<b>Магистратура (на английском языке)</b>			
1.	Разработка систем управления базами данных (Development of Database Management Systems)	Лаппеенрантский технологический университет (Финляндия)	37
<b>Магистратура (на русском языке)</b>			
2.	Фундаментальная информатика и вычислительная техника	Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, СКБ-Контур	100
3.	Инфокоммуникационные технологии и электронные средства	Челябинский радиозавод "Полет"	39
4.	Приборостроение (собственный образовательный стандарт, совместно с корпорацией Emerson)	Корпорация Emerson	39
5.	Управление в технических системах	Корпорация Endress+Hauzer	42
<b>Бакалавриат и специалитет (на русском языке)</b>			
6.	Фундаментальная информатика и вычислительная техника	Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-	529

		исследовательский институт технической физики, СКБ-Контур	
7.	Информационная безопасность промышленных предприятий	Лаборатория Касперского	232
8.	Инфокоммуникационные технологии и электронные средства	Челябинский радиозавод "Полет"	282
9.	Приборостроение (собственный образовательный стандарт, совместно с корпорацией Emerson)	Корпорация Emerson	156
10.	Управление в технических системах	Корпорация Endress+Hauzer	247

На всех направлениях инженерной подготовки в магистратуре обязательно читаются курсы по основам применения суперкомпьютерных технологий для решения инженерных задач.

Из существующих образовательных программ особо стоит отметить флагманские программы САЕ:



**Бакалаврская и магистерская программа «Приборостроение»** реализуется по собственному образовательному стандарту, разработанному на основе анализа уникального опыта десятилетнего сотрудничества с международной корпорацией **Emerson Process Management** (США). В основу собственного образовательного стандарта заложены следующие принципы:



1. Ориентация на подготовку разработчиков средств измерений и информационно-измерительных систем;
2. Новая структура профессиональных компетенций, отвечающая модульному принципу и учитывающая опыт ведущих вузов России и современных промышленных предприятий;
3. Углубленная практическая подготовка будущих специалистов, базирующаяся на комплексе учебно-исследовательских лабораторий, оснащенных уникальным современным оборудованием;
4. Тесное сотрудничество с ведущей мировой приборостроительной корпорацией Emerson.

Выпускники данной программы работают в предприятиях Emerson на уровне руководителей подразделений, с **заработной платой в 150-200% от среднего показателя по региону.**





Магистратура «Разработка систем управления базами данных» (Development of Database Management Systems) совместно с Лаппеенрантским

технологическим университетом (Финляндия) - одна из первых магистерских программ ЮУрГУ, ориентированных на англоговорящих студентов. За 4 года было подготовлено более 30 магистров. Студенты магистратуры, показавшие отличные знания по профильным дисциплинам и английскому языку, имеют возможность второй год магистратуры (3-й и 4-й семестр) обучаться за рубежом, в Лаппеенрантском технологическом университете по направлениям:



1. «Программная инженерия» (Software Engineering)
2. «Интеллектуальные вычисления» (Intelligent Computing), профиль «Компьютерное зрение» (Computer Vision).

По результатам обучения студенты защищают ВКР магистра в ЮУрГУ и в Лаппеенрантском технологическом университете на английском языке, получая также диплом данного университета.

Выпускники программы работают ведущими программистами и руководят компаниями в странах Юго-Восточной Азии и Ближнего Востока, а также обучаются на PhD программах.



Магистерская программа «Управление в технических системах» использует для обучения уникальный лабораторный комплекс Endress+Hauzer, который предназначен для обучения студентов созданию и пуско-наладке АСУ ТП с применением реального оборудования и сенсоров. Также для выполнения научно-исследовательских проектов исследователь может получить доступ к уникальной среди ВУЗов РФ распределенной системе управления потреблением энергетических ресурсов университетским городком.

Значительная часть выпускников данной программы работает в ведущих технологических компаниях с заработной платой в два раза выше средней по региону.

ЮУрГУ работает и с другими крупными партнерами в реализации образовательных программ:


1. **Компания SMS group (Германия)** – соинвестор в лабораторию «Механики, лазерных процессов и цифровых производственных технологий», стратегический промышленный партнер, один из центров прохождения стажировок для студентов и преподавателей ЮУрГУ;
2. **Лаборатория Касперского (Россия)** - сотрудничество по разработке и реализации совместных образовательных программ, включая основные образовательные программы, а также программы дополнительного образования.
3. **Национальная инженерная школа Сент-Этьена (г. Сент-Этьен, Франция).**

4. **Большой ряд организаций-партнеров по прохождению практик:** Emerson, Магнитогорский металлургический комбинат, Челябинский цинковый завод, Российский федеральный ядерный центр, ПФ СКБ Контур, РЖД и другие.

Выпускники ЮУрГУ в области компьютерных и инженерных наук конкурентоспособны на национальном и международном рынке труда, являются соучредителями и ведущими специалистами мировых ИТ-компаний, включая Google (США), Rakuten (Япония), Huawei Technologies (Китай), SonarSource (Швейцария), Yandex (Россия) и Lyft (США), в котором выпускник ЮУрГУ Алексей Захаров возглавляет Android-разработку. Репрезентативный список выпускников одного из ключевых подразделений САЕ: [<http://eecs.susu.ru/ru/alumni/>].

#### 1.4. Основные направления научно-исследовательских или инженерно-технических проектов

В 2014-2016 гг. **общий объем выполненных контрактов по НИОКР**, связанным с основными направлениями научно-исследовательской деятельности САЕ, составил **1.05 млрд рублей**, а общий объем выполненных ЮУрГУ за три года НИОКР для клиентов в приоритетных отраслях промышленности превысил **2.1 млрд рублей**.

<b>Направление 1: Цифровые двойники и модельно-упреждающее управление</b>		368 млн руб.	
<b>Проект 1.</b> «Разработка систем модельно-упреждающего управления технологическими процессами»			
<b>Результаты:</b> Разработана архитектура облачной платформы цифровых двойников промышленных предприятий и система модельно-упреждающего управления для центральной электрической станции ПАО «ММК», реализующая минимизацию потребления природного газа. Годовой экономический эффект до 50 млн. руб.			
<b>Руководитель:</b> Лев Сергеевич Казаринов (Lev Kazarinov), заведующий кафедрой автоматизации и управления, доктор технических наук, профессор.			
<b>Ключевые партнеры:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Магнитогорский металлургический комбинат – ключевой заказчик.</li> <li>• Санкт-Петербургский политехнический университет имени Петра Великого – совместная работа над образовательными программами в области систем автоматизированного управления.</li> </ul>			
<b>Период реализации:</b> 2014-2016 гг.			
<b>Заказчик:</b> ММК			
<b>Примеры публикаций в журналах топ-10% SNIP за последние три года:</b>			
<b>Название</b>	<b>Журнал</b>	<b>Авторы</b>	<b>SNIP</b>
A methodology to design a 3D graphic editor for micro-modeling	Advances in Engineering Software, Volume 90, 19 August 2015, Pages	Shchurova, C.I.	1.950

of fiber-reinforced composite parts	76-82		
Mathematical model of plowing forces to account for flank wear using FME modeling for orthogonal cutting scheme	International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Volume 89, Issue 9-12, 1 April 2017, Pages 3149-3159	Pimenov, D.Y., Guzeev, V.I.	1.548
Automatic system for intelligent support of continuous cast billet production control processes	International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Volume 74, Issue 9-12, 7 October 2014, Pages 1407-1418	Logunova, O.S., Matsko, I.I., Posohov, I.A., Luk'ynov, S.I.	1.548

**Направление 2:** Методы машинного обучения и интеллектуальный анализ сверхбольших данных для решения промышленных задач

365 млн руб.



**Проект 2.** «Разработка технологий параллельной обработки сверхбольших объемов данных с использованием колоночного представления и сжатия информации на кластерных вычислительных системах с многоядерными ускорителями»

**Результаты:** Разработаны параллельные алгоритмы поиска похожих подпоследовательностей в сверхбольших временных рядах для кластерных суперкомпьютерных систем на базе многоядерных сопроцессоров Intel, превосходящие по эффективности имеющиеся аналоги.

**Руководитель:** Соколинский Леонид Борисович (Leonid B. Sokolinsky), доктор физико-математических наук, профессор.

**Ключевые партнеры:**

- **Институт информатики Гейдельбергского университета** (Германия) – совместные научные исследования в области параллельных алгоритмов интеллектуального анализа данных сверхбольших объемов.
- **РСК Технологии** (ведущий в России и СНГ разработчик и интегратор суперкомпьютерных решений) – коммерциализация разработок (установка ПО, реализующего разработанные алгоритмы интеллектуального анализа данных, на вычислительные кластеры, поставляемые в российские и зарубежные дата-центры).

**Период реализации:** 2014-2016 гг.

**Заказчик:** научные исследования выполнялись при поддержке грантов РФФИ.

**Проект 3.** «Разработка цифрового макета и создание высокотехнологичного производства нового поколения энергоэффективных трансмиссий для грузовых автомобилей и автобусов»

**Результаты:** Отработана методика сквозного цифрового проектирования ведущих мостов грузовых автомобилей и автобусов, включающая отработку конструкторских решений на ранних этапах проектирования с помощью цифровых моделей, разработку и верификацию "умных моделей" мостов.

**Руководитель:** Келлер Андрей Владимирович, доктор технических наук, профессор.

**Ключевые партнеры:**

- КАМАЗ – ключевой заказчик.
- Лаборатория суперкомпьютерного моделирования – предоставление ресурсов для

выполнения компьютерного моделирования технологических процессов.

**Период реализации:** 2014-2016 гг.

**Заказчик:** КАМАЗ.

**Примеры публикаций в журналах топ-10% SNIP за последние три года:**

Название	Журнал	Авторы	SNIP
Neural network approach for automatic image analysis of cutting edge wear	Mechanical Systems and Signal Processing, Volume 88, 1 May 2017, Pages 100-110	Mikołajczyk, T., Nowicki, K., Kłodowski, A., Pimenov, D.Y.	3.023
Model of the Newtonian cosmology: Symmetries, invariant and partially invariant solutions	Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, Volume 39, October 01, 2016, Pages 248-251	Klebanov, I., Startsun, O., Ivanov, S.	1.574
Minimization of turning time for high-strength steel with a given surface roughness using the Edgeworth–Pareto optimization method	International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1 July 2017, Pages 1-18	Abbas, A.T., Pimenov, D.Y., Erdakov, I.N., Mikołajczyk, T., El Danaf, E.A., Taha, M.A.	1.548

**Направление 3: Сенсоры для промышленного Интернета вещей**

298 млн руб.



**Проект 4.** «Разработка интеллектуальных датчиков и методов контроля собственного состояния систем»

**Результаты:** разработаны датчики давления с контролем собственного состояния и алгоритмы оценки параметров сигнала, обеспечивающие возможность сверхразрешения; разработана концепция датчиков с возможностью диагностики собственного состояния и метрологического самоконтроля.

**Руководитель:** Шестаков Александр Леонидович (Shestakov Alexandr Leonidovich), доктор технических наук, профессор.

**Ключевые партнеры:**

- **Oxford University** - совместные исследования в области расходомерии.
- **Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии им. Менделеева (ВНИИМ)** – взаимодействие в области разработки методов метрологического самоконтроля.
- **Emerson Corporation** - разработка стенда по исследованию цифровых промышленных распределенных систем, исследования в области методов самоконтроля датчиков давления, повышение эффективности работ по калибровке датчиков.

**Период реализации:** 2014-2016 гг.

**Заказчик:** научные исследования выполнялись при поддержке РФФИ в рамках постановления 218 правительства РФ и при поддержке Emerson.

По результатам проекта в 2017 г. опубликована статья «*Wireless acceleration sensor of moving elements for condition monitoring of mechanisms*» в журнале Measurement Science and Technology Impact Factor - 1.492 (Q1)

**Проект 5.** «Разработка энергосберегающей геоинформационной системы реального времени для оптимального управления теплогидравлическими режимами систем теплоснабжения муниципального образования»

**Результаты:** разработан алгоритм многопараметрического анализа теплотехнических процессов с прогнозированием и оптимизацией расхода энергетических ресурсов для эффективного управления тепловыми нагрузками в магистралях сетей теплоснабжения, что экономит до 25% тепловой энергии.

**Руководитель:** Дьяконов Александр Анатольевич, доктор технических наук, профессор.

**Ключевые партнеры:**

- Российская приборостроительная компания "Системы управления" – заказчик.

**Период реализации:** 2014-2016 гг.

**Заказчик:** Российская приборостроительная компания "Системы управления".

**Примеры публикаций в журналах топ-10% SNIP за последние три года:**

Название	Журнал	Авторы	SNIP
Giant faraday rotation of high-order plasmonic modes in graphene-covered nanowires	Nano Letters, Volume 16, Issue 7, 13 July 2016, Pages 4391-4395	Kuzmin, D.A., Bychkov, I.V., Shavrov, V.G., Temnov, V.V.	2.584
Detection of structural changes through principal component analysis and multivariate statistical inference	Structural Health Monitoring, Volume 15, Issue 2, 1 March 2016, Pages 127-142	Pozo, F., Arruga, I., Mujica, L.E., Ruiz, M., Podivilova, E.	1.641
Joint effect of polarization and the propagation path of a light beam on its intrinsic structure	Optics Express, Volume 24, Issue 17, 22 August 2016, Pages 19157-19166	Abdulkareem, S., Kundikova, N.	1.589

### 1.5. Текущий перечень основных внешних по отношению к университету выгодоприобретателей от деятельности САЕ

Развитие САЕ «Умная промышленность» радикально трансформирует университет, позволив ему существенно нарастить компетенции, необходимые для того, чтобы стать научно-исследовательским университетом мирового уровня. В процессе развития САЕ выгодоприобретателями станут большое количество международных и российских промышленных предприятий – лидеров своей отрасли, а также научно-исследовательские центры, университеты, правительство Челябинской области и города Челябинск, местное сообщество.





Отличным примером того, как различные организации получают выгоду в результате деятельности САЕ «Умная промышленность», является существующая модель сотрудничества с корпорацией Emerson (США), присутствующей на Большом Урале в результате приобретения местной приборостроительной компании Метран. В рамках САЕ будут реализовываться совместные образовательные программы по структуре «бакалавриат-магистратура», и уже сейчас Emerson участвует в реализации образовательных программ ЮУрГУ благодаря внедрению проектно-ориентированного подхода в образовании. Кроме того, Emerson выступает заказчиком исследований по направлениям деятельности САЕ: ранее ЮУрГУ реализовал для корпорации проект по созданию распределенного виртуального испытательного стенда. Emerson также является ключевым работодателем выпускников по направлению «Управление в технических системах», а президент корпорации Emerson Эдвард Монсер возглавляет МНС ЮУрГУ.

Хорошо видны преимущества развития САЕ для внешних организаций на примере модели, продемонстрированной в ходе реализации проекта с SMS Group и National Engineering School of Saint-Etienne (2016-2017), с которой у ЮУрГУ создана совместная лаборатория по аддитивным технологиям. Для реализации проекта были привлечены ведущий международный ученый, крупный индустриальный и академический партнеры, а сам проект был ориентирован на потребителя в регионе Большого Урала – ММК. Аспиранты и магистры ЮУрГУ обучались в ENISE во Франции по программе Erasmus+ в рамках совместной лаборатории в 2016-2017 гг.



**Oxford University** - реализация совместных исследований в области алгоритмов самодиагностики датчиков расхода, температуры, давления, уровня, вибрации. Совместно с ЮУрГУ ведется разработка универсального цифрового трансмиттера с возможностью реализации алгоритма “Prism”, сделанного в Оксфордском университете под руководством профессора Мануса Генри – главы Лаборатории технической самодиагностики и самоконтроля приборов и систем ЮУрГУ.




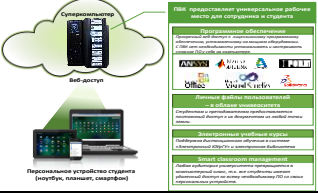
**Лаборатория Касперского** - реализация совместных научных исследований по направлению защиты информации в индустриальных системах, создание магистерских программ «Безопасность сетей ЭВМ», «Информационная безопасность открытых систем», «Защита информации в сети Интернет», «Компьютерная вирусология», «Моделирование информационного противодействия угрозам безопасности информации».



**Магнитогорский металлургический комбинат** – коммерциализация разработок (применение разработанных алгоритмов для интеллектуального анализа данных сенсоров состояния оборудования в целях прогнозирования отказов различных элементов промышленного оборудования и планирования профилактических работ) и участие в НИОКР (сбор и предоставление реалистичных наборов данных для проведения вычислительных экспериментов).

Научные тематики	Выгодоприобретатели
 <p><b>Цифровые двойники и модельно-упреждающее управление</b></p>	<p>Ростех КАМАЗ Челябинский цинковый завод Уралвагонзавод Челябинский трубопрокатный завод ВСМПО-Ависма ЕВРАЗ</p>
 <p><b>Методы машинного обучения, интеллектуальный анализ сверхбольших данных для задач цифрового производства и защита информации в промышленных системах</b></p>	<p>Институт информатики Гейдельбергского университета (Германия) Центр научных исследований и высшего образования Энсенады (Мексика) Ростелеком Роскосмос Росатом Роснефть РСК Технологии ОДК-Пермские моторы</p>
 <p><b>Сенсорные системы и Индустриальный Интернет вещей</b></p>	<p>Endress+Hauser (Швейцария) ВНИИМ им. Менделеева Пензенский государственный университет ВИТИ НИЯУ МИФИ, Волгоград</p>
 <p><b>Программы обмена преподавателями и аспирантами, развитие совместных образовательных программ и проектов двойной аспирантуры</b></p>	<p>Endress+Hauser (Швейцария) Ростокский университет (Германия) Университет центрального Ланкашира (Великобритания) Ольборгский университет (Дания) Лаппеенрантский технологический университет (Финляндия) Иорданский университет (Иордания) Санкт-Петербургский политехнический университет имени Петра Великого Уральский федеральный университет</p>
 <p><b>Развитие инноваций и предпринимательства</b></p>	<p>Правительство Челябинской области Администрация города Челябинск Инновационный пояс ЮУрГУ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ГалСен</li> <li>• Уральский инжиниринговый центр</li> <li>• Региональный инжиниринговый центр аддитивных и лазерных технологий</li> </ul>

## 1.6. Сведения об инфраструктурном обеспечении САЕ

№	Наименование	Стоимость
1	<b>Суперкомпьютерные вычислительные ресурсы ЛСМ</b> 	450 млн руб
<p>В Лаборатории суперкомпьютерного моделирования есть современные суперкомпьютеры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• «Торнадо ЮУрГУ» с пиковой производительностью 473.6 Терафлопс;</li> <li>• «СКИФ Аврора» с пиковой производительностью 117 Терафлопс;</li> <li>• «СКИФ Урал» с пиковой производительностью 16 Терафлопс.</li> </ul> <p>За последние 3 года на суперкомпьютерных мощностях ЮУрГУ были выполнены более 150 научных проектов (общий объем НИР – более 200 млн руб) и получены результаты, опубликованные в более чем 100 публикациях, индексируемых в Scopus и Web of Science.</p>		
2	<b>Лаборатория Emerson PlantWeb</b> 	29 млн руб
<p>Лаборатория создана на базе оборудования мирового лидера по производству средств автоматизации корпорации Emerson (США). В лабораторной установке использована масштабируемая система управления технологическими процессами DeltaV 12.0, которая основана на архитектуре PlantWeb. Данная система включает в себя программу Asset Management Solutions (AMS), обеспечивающую калибровку, конфигурирование и диагностику полевых приборов. Система DeltaV может применяться для целей автоматизации производства.</p>		
3	<b>Лаборатория АСУ ТП Endress+Hauser</b> 	20 млн руб
<p>Включает в себя сеть операторских станций, а также комплексный учебно-лабораторный стенд. Для проведения научных работ имеется доступ к распределенной системе управления потреблением энергетических ресурсов университетским городком, которая является уникальной среди ВУЗов РФ. Ее особенность в том, что она реализована как открытая энергетическая система, которая при избытке генерации ресурсов может продавать их во внешние городские сети.</p>		
4	<b>Персональный виртуальный компьютер</b> <a href="http://pvc.susu.ru">http://pvc.susu.ru</a> 	20 млн руб
<p>На базе суперкомпьютера «СКИФ Урал» действует уникальная система персонального виртуального компьютера, с помощью которой обеспечивается дистанционный доступ студентов и сотрудников к лабораториям для проведения экспериментов, а также специализированному лицензионному обеспечению и образовательным сервисам вуза. В списке - комплекс современного параллельного ПО: ANSYS (CFX, Mechanical, EM), Fluent, Maxwell, TESIS FlowVision, OpenFOAM, LS-DYNA, SFTC DEFORM, SolidWorks, MATLAB и др.</p>		



## 2. Планы по развитию образовательной деятельности САЕ.

### 2.1. Модернизация и обновление реализуемых образовательных программ

В рамках САЕ будут приниматься и разрабатываться предложения по созданию новых и развитию существующих программ бакалавриата, магистратуры и аспирантуры по направлениям информационных технологий, компьютерных наук, математики, проектного управления и менеджмента в ИТ-сфере. Конечной целью является **международная аккредитация всех образовательных программ в рамках САЕ**, в том числе англоязычных магистерских программ на соответствие требованиям European Quality Assurance Network for Informatics Education ([EQANIE](#)) в Accreditation Agency Specialised in Accrediting Degree Programmes in Engineering ([ASIIN](#)).

### ОСНОВНЫЕ ПЛАНИРУЕМЫЕ К РЕАЛИЗАЦИИ ПРОФИЛИ ПОДГОТОВКИ

№	Направление	Целевые работодатели	Планируемый контингент на 2020*
<b>Магистратура (на английском и русском языке)</b>			
1.	Высоконагруженные вычислительные системы (High-load computational systems) (совместно с корпорацией Intel)	Google, Яндекс, LuxSoft, СКБ Контур	60
2.	Анализ данных и методы искусственного интеллекта (Data Mining and Methods of Artificial Intelligence) (совместно с корпорацией NVidia)	Яндекс, Google, Ростелеком	80
3.	Управление цифровым производством (Control Systems for Smart Industry) (совместно с SMS Group)	Siemens, SMS group, Emerson, Endress+Hauzer	50
4.	Индустриальные сенсорные системы и Интернет вещей (Industrial Sensors and Internet of Things) (совместно с корпорацией Emerson)	Emerson, General Electric	50
<b>Магистратура (на русском языке)</b>			
1.	Кибербезопасность высоконагруженных и промышленных систем (совместно с Лабораторией Касперского)	Ростелеком, Лаборатория Касперского	50
<b>Бакалавриат (на английском и русском языке)</b>			
1.	Программная инженерия облачных систем (Software Engineering of Cloud Systems)	Яндекс, LuxSoft	150
2.	Интернет вещей: сенсоры и сети (Internet of Things: Sensors and Networks)	Элметро, Emerson	120

3.	Кибер-физические системы (Cyber-physical systems)	КАМАЗ	120
4.	Индустриальные управляющие системы (Industrial Control Systems)	Emerson	100
<b>Всего:</b>			<b>780</b>
<i>* Планируется, что не менее половины студентов будут обучаться на контрактной основе.</i>			

**Следует отметить ряд наиболее перспективных новых образовательных направлений САЕ:**



**Кибербезопасность высоконагруженных и промышленных систем.** При подготовке магистров по данному направлению будет широко использоваться созданный в ЮУрГУ с Лабораторией Касперского междисциплинарный научно-образовательный центр (НОЦ) «Информационная безопасность». В совместном НОЦ уже реализуется комплекс образовательных программ по применению программных продуктов анализа защищенности Лаборатории Касперского, работающими на патентованной эвристике для комплексного анализа высоконагруженных систем. Наличие в ЮУрГУ специализированных лабораторий делает возможным обучение магистрантов анализу защищенности автоматизированных систем управления производственными процессами, а использование самых современных технологий кибербезопасности, предоставляемых Лабораторией Касперского, позволяет вывести подготовку кадров по информационной безопасности промышленных систем на мировой уровень.



**Управление цифровым производством (Control Systems for Smart Industry) (совместно с SMS Group).** В рамках данного направления магистранты будут изучать основы построения киберфизических систем, в которых компоненты системы самостоятельно обнаруживают и взаимодействуют друг с другом посредством различных сигналов. При обучении студенты будут использовать программные комплексы, позволяющие моделировать создание цифрового производства, выполнять виртуальную пуско-наладку и производить виртуальный контроль системы.



**Индустриальные сенсорные системы и Интернет вещей (совместно с Emerson).** Наличие в ЮУрГУ специализированных лабораторных комплексов, позволяющих моделировать производство на основе анализа данных, собранных с реальных датчиков, делает возможным реализацию комплекса образовательных проектов, связанных с решением задач по созданию цифровых двойников реального оборудования, технологического процесса и предприятия в целом. Планируется использование цифровых двойников производства для обучения интеллектуальному управлению производством, при котором все изменения производятся в цифровом двойнике.



ЮУрГУ создаст совместный научно-образовательный центр с ведущей консалтинговой компанией PwC, с которой будет вестись активное сотрудничество в области популяризации промышленного Интернета вещей и образовательной сфере. В рамках партнерства с PwC студенты САЕ будут участвовать в кейс-чемпионатах, посещать лекции ведущих практиков, а также проходить стажировки в офисах PwC и участвовать в консалтинговых проектах по промышленному Интернету вещей.

В рамках реализации планов по развитию образовательной деятельности САЕ будут внедрены новые образовательные технологии в рамках соответствующих курсов в соответствии с **новой методической парадигмой**, а именно:

1. **Применение смешанного образования на основе платформы и методик САЕ «Умное образование»** позволит существенно повысить качество и гибкость образовательного процесса.
2. Образовательные программы будут выстраиваться **на основе рекомендаций индустриального совета САЕ**. Образовательный процесс будет вестись в тесной кооперации с организациями-партнерами, включая **проведение не менее 50% курсов с привлечением ведущих специалистов предприятий** и на базе индустриальных партнеров.
3. **Реализация проектно-командного подхода к бакалаврскому и магистерскому образованию**, который будет развивать в студентах навыки самостоятельного мышления и новых подходов к решению научных и бизнес-задач. Студенты будут проходить **практики на базе ведущих академических и индустриальных партнеров** в России и за рубежом.
4. **Развитие soft skills и предпринимательских навыков**. В каждую программу САЕ будут интегрированы модули по развитию предпринимательских навыков и soft skills, чтобы каждый выпускник имел необходимые навыки для эффективной работы в командах и занятия предпринимательством на протяжении своей карьеры.
5. Все студенты в рамках САЕ будут проходить **интенсивную языковую подготовку** с обязательной международной сертификацией IELTS.

## **2.2. Развитие кадрового состава научно-педагогических работников, участвующих в реализации образовательных программ**

1. **Отбор руководителей образовательных программ** и профессорско-преподавательского состава **будет проводиться на основе открытых международных конкурсов**, что позволит обеспечить преподавание дисциплин по авторским методикам лучших преподавателей.
2. Преподаватели будут **стимулироваться к разработке и использованию в учебном процессе MOOK**, а также повышению квалификации. В частности, будет обеспечено **развитие коммуникационных навыков ППС** в рамках специальных курсов и тренингов, а также ППС пройдут **обучение эффективному использованию современных систем организации учебного процесса (LMS)**, в чем будет помогать САЕ «Умное образование».
3. Будет развиваться **краткосрочная академическая мобильность ППС** в ведущие российские и зарубежные ВУЗы для освоения новых методик преподавания. Кадровый состав САЕ будет проходить **обучение английскому языку** с обязательной международной сертификацией.
4. Будет внедрена **регулярная система эффективной обратной связи** на основе анкетирования студентов по итогам каждого курса, а также с привлечением коллег и внешних экспертов для оценки каждого образовательного модуля. Для получения обратной связи от студентов будет обеспечен открытый доступ ко всем материалам курсов.
5. САЕ будет **привлекать приглашенных профессоров из ведущих зарубежных и российских университетов** для чтения отдельных модулей образовательных программ. **Ведущие специалисты из корпоративного сектора будут привлекаться к преподаванию** в рамках САЕ, что повысит практико-ориентированный подход образовательных программ.


### 3. Планы по развитию научно-исследовательской деятельности

#### 3.1. Перечень приоритетных направлений научно-исследовательской деятельности/значимых инженерно-технических проектов САЕ

Развитие научных тематик САЕ будет направлено на создание эффективного и автоматизированного машиностроения на основе новейших цифровых технологий, экологическую и качественную металлургию с наименьшими издержками, а также развитие новой экономики Урала. В рамках данных тематик ЮУрГУ будет реализовывать комплексные междисциплинарные проекты совместно с ведущими глобальными компаниями в рамках внедрения промышленного Интернета вещей исходя из интересов заказчика.

Этому поможет создаваемый консорциум с крупными партнерами, имеющими экспертизу в различных областях деятельности, такими как Siemens, SMS Group, Emerson (промышленная автоматизация), Лаборатория Касперского (кибербезопасность) и PwC (операционная эффективность и бизнес-модели новых технологических систем).

Общий портфель запланированных проектов на 2018-2020 гг. составляет **2.7 млрд рублей**. Планируется, что объем портфеля будет расширен в результате целенаправленных мероприятий по развитию сотрудничества с приоритетными отраслями промышленности, предусмотренных в дорожной карте ЮУрГУ, включая имплементацию дорожных карт сотрудничества с бизнесом и создание отраслевых индустриальных советов.

<b>Направление 1: Цифровые двойники и модельно-упреждающее управление</b>	500 млн руб. 
<p><b>Основной планируемый проект (1).</b> Создание индустриальной облачной платформы для поддержки цифровых двойников, разработка и внедрение системы автоматического регулирования режимов паровых котлов и турбогенераторов энергетического комплекса с использованием многокритериальной оптимизации, а также разработка методов и алгоритмов планирования выполнения потоковых приложений при решении задач инженерного анализа в распределенных вычислительных средах.</p> <p><b>Заказчик и ведущий партнер:</b> ММК</p> <p><b>Основные планируемые результаты:</b> платформа позволит внедрить на предприятии модельно-упреждающее управление технологическими процессами, на основе прогноза о состоянии оборудования, полученного при выполнении цифровых двойников. Для выполнения компьютерного моделирования облачная платформа будет использовать разработанные алгоритмы планирования облачных ресурсов с учетом неопределенности.</p> <p><b>Результаты исследований по направлению.</b> <i>Количество публикаций в изданиях, входящих в TOP-25% по Scopus и/или Web of Science в 2018-2020 г. (нарастающим итогом): 50.</i></p> <p><b>Связь с образовательной деятельностью.</b> Результаты научных исследований будут включены в программу англоязычной магистратуры по направлению «Управление цифровым производством» и в бакалаврской программе «Кибер-физические системы».</p> <p><b>Научные партнеры</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Центр научных исследований и высшего образования Энсенады (CICESE), Мексика – совместные научные исследования в области планирования облачных ресурсов.</li></ol>	

- 2) Университет Техаса, США – взаимодействие по созданию компьютерных моделей оборудования – «цифровых двойников»

### **Индустриальные партнеры**

- 3) Корпорация Emerson – выполнение совместных НИР по созданию облачных технологий для цифрового производства.
- 4) Магнитогорский металлургический комбинат - коммерциализация разработок (создание цифровых двойников промышленного оборудования для предсказания состояния оборудования)

**Направление 2: Методы машинного обучения и интеллектуальный анализ сверхбольших данных для решения индустриальных задач**

910 млн руб.



**Основной планируемый проект (2).** Создание цифровой платформы Фабрики Будущего для проектирования и разработки глобально конкурентоспособной грузовой автомобильной техники (ГАТ) для КАМАЗа на основе многопараметрической оптимизации подсистем с использованием цифровых моделей высокого уровня достоверности.

**Заказчик и ведущий партнер: КАМАЗ**

### **Основные планируемые результаты:**

1. Создана платформа, обеспечивающая сквозное цифровое проектирование и многопараметрическую оптимизацию в единой информационной среде КАМАЗ и ЮУрГУ для систем, узлов и агрегатов best-in-class грузовой автомобильной техники.
2. На примере энергоэффективного МСТ КАМАЗ премиального класса разработаны методики многокритериальной оптимизации систем автомобиля на этапе проектирования, позволяющих реализовать концепцию инжиниринга за гранью интуиции главного конструктора и сократить объем последующих натурных испытаний (simulation-based design).
3. Создан виртуальный испытательный полигон для систем, узлов и агрегатов грузовой автомобильной техники, реализованный на облачной платформе цифровых двойников.

**Результаты исследований по направлению.** *Количество публикаций в изданиях, входящих в TOP-25% по Scopus и/или Web of Science в 2018-2020 г. (нарастающим итогом): 50.*

**Связь с образовательной деятельностью.** Результаты научных исследований будут включены в программу англоязычной магистратуры по направлению «Анализ данных и методы искусственного интеллекта» и в бакалаврской программе «Кибер-физические системы».

### **Научные партнеры**

- 1) Институт информатики Гейдельбергского университета (Германия) – совместные научные исследования в области параллельных алгоритмов интеллектуального анализа данных сверхбольших объемов.
- 2) Лаппеенрантский технологический университет (Финляндия) – совместные исследования в области параллельных алгоритмов анализа изображений и распознавания образов.
- 3) Научно-исследовательская группа по базам данных Института системного программирования РАН под руководством С.Д. Кузнецова.
- 4) Научно-исследовательская группа по обработке информации Санкт-Петербургского государственного университета под руководством Б.А. Новикова.

## Индустриальные партнеры

- 5) Корпорация Intel – реализация совместных образовательных программ параллельного программирования алгоритмов анализа данных.
- 6) РСК Технологии – коммерциализация разработок (установка ПО, реализующего разработанные алгоритмы интеллектуального анализа данных, на вычислительные кластеры, поставляемые в ЦОДы отечественных и зарубежных потребителей).

## Ведущие ученые

1. Проф. А. Андреек, рук. Исследовательской группы по параллельным и распределенным системам Института информатики Гейдельбергского университета (ФРГ), h-индекс=15.
2. Пауло Симоз, профессор кафедры информатики факультета наук и технологий, Университет Коимбры (Португалия), h-индекс=8.
3. Мартин Макгинити, профессор школы науки и технологии Ноттингемский Университет (Великобритания) h-индекс=22.

**Направление 3: Сенсоры для промышленного Интернета вещей**

900 млн руб.



**Основной планируемый проект (3).** Разработка кориолисового расходомера с функцией измерения многофазных потоков и передачей данных через сенсорные сети промышленного Интернета вещей с использованием суперкомпьютерного моделирования, нейронных сетей и цифровых двойников. Прибор обеспечит высокую точность измерения массового расхода при измерении объемно-массовых параметров сложных газожидкостных смесей.

**Результаты исследований по направлению.** *Количество публикаций в изданиях, входящих в TOP-25% по Scopus и/или Web of Science в 2018-2020 г. (нарастающим итогом): 50.*

**Связь с образовательной деятельностью.** В рамках САЕ будет проводиться подготовка бакалавров и магистров по направлениям «Интернет вещей: сенсоры и сети» и «Индустриальные сенсорные системы и Интернет вещей»

## Партнеры:

1. Корпорация РосАтом (НИИ-НПО «Луч», НПО «Гидропресс», НИИ АЭМ), ОАО «Теплоприбор» Разработка аппаратного и программного обеспечения бездемонтажного контроля термопреобразователей.
2. Корпорация Emerson – ведущий индустриальный партнер, выполнение совместных НИР по созданию расходомеров.
3. ООО Элметро – индустриальный партнер.
4. Оксфордский университет – совместные исследования в области обработки сигналов, измерительной техники и самодиагностики.

**Основной планируемый проект (4).** Разработка и организация киберфизической системы на основе беспроводных сенсорных сетей большого радиуса действия для мониторинга, сбора и хранения данных сенсоров состояния систем энергоснабжения предприятия и ЖКХ.

**Основные планируемые результаты.** Разработана облачная платформа для нахождения скрытых трендов и аномалий в данных, которые продуцируются сенсорными сетями в соответствии с концепцией промышленного Интернета вещей. Облачная платформа позволит



обеспечить взаимодействие сенсоров и оборудования, создать цифровых двойников системы энергоснабжения и выполнять прогнозирование эффективности и планирование работы, а также оперативно применять меры по улучшению работы оборудования.

**Результаты исследований по направлению.** *Количество публикаций в изданиях, входящих в TOP-25% по Scopus и/или Web of Science в 2018-2020 г. (нарастающим итогом): 50.*

**Связь с образовательной деятельностью.** Результаты научных исследований будут включены в программу англоязычной магистратуры по направлению «Управление цифровым производством» и в бакалаврской программе «Кибер-физические системы».

**Направление 4: Защита информации в промышленных системах**

400 млн руб.



**Основной планируемый проект (5).** Разработка комплексной системы киберзащиты корпоративных автоматизированных систем управления технологическими процессами с использованием алгоритмов обнаружения аномалий в производственных процессах промышленных систем на основе методов машинного обучения и специальных эвристических методов.

**Основные планируемые результаты.** Реализован программный комплекс для анализа защищенности корпоративных автоматизированных систем управления (АСУ) на основе эталонных моделей защиты информации, позволяющий выявлять аномалии и оценивать уровень защищенности АСУ в соответствии с рисками технологической безопасности и требованиями регуляторов.

**Результаты исследований по направлению.** *Количество публикаций в изданиях, входящих в TOP-25% по Scopus и/или Web of Science в 2018-2020 г. (нарастающим итогом): 50.*

**Связь с образовательной деятельностью.** Результаты научных исследований будут использованы в бакалаврской программе «Информационная безопасность промышленных предприятий» и магистерской программе «Кибербезопасность высоконагруженных и промышленных систем», а также в программах повышения квалификации для сотрудников ведущих предприятий.

#### **Партнеры:**

1. Федеральная служба по техническому и экспортному контролю Российской Федерации (ФСТЭК РФ) – договоры на разработку сертифицированных средств защиты информации нового стандарта.
2. Лаборатория Касперского – ведущий партнер - использование патентованной эвристики для комплексного анализа защищенности систем.
3. Австрийский технологический институт – совместные исследования в области управления рисками кибер-физических систем
4. Корпорация Emerson – участие в совместных исследованиях по анализу рисков защиты АСУ ТП Ovation.

#### **Ведущие ученые**

- 1) Хельге Дженике, профессор компьютерных наук, директор института кибертехнологий, Университет Де Монфорт (Великобритания), h-индекс=7.
- 2) Флориан Скопик, старший научный сотрудник исследовательской группы по безопасности ИКТ Центра цифровой безопасности, Австрийский технологический институт (Австрия), h-индекс=13.
- 3) Пауло Симоэ, профессор кафедры информатики факультета наук и технологий, Университет Коимбры (Португалия), h-индекс=8.
- 4) Франк Лепрево (Franck Leprevost), профессор информатики, Университет Люксембурга, h-индекс – 4, специалист в области криптографии и алгоритмической теории чисел.

### 3.2. Развитие кадрового состава научно-педагогических работников, участвующих в научно-исследовательской деятельности

Ведущие ученые, планируемые к привлечению к работе в рамках САЕ:

Фото	Ф.И.О.	Основное место работы	Сфера научных интересов
	Раджкумар Буй, <b>h-индекс 74</b>	Профессор, Директор лаборатории облачных вычислений и распределенных систем (CLOUDS), Университет Мельбурна, Австралия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интернет вещей</li> <li>• Облачные вычисления</li> <li>• Распределенные вычисления</li> </ul>
	Раду Продан, <b>h-индекс 26</b>	Доцент института компьютерных наук, Университет Иннсбрука, Австрия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Параллельные и распределенные вычисления</li> <li>• Облачные вычисления</li> <li>• Высокопроизводительные научные вычисления</li> </ul>
	Сергей Андреев, <b>h-индекс 18</b>	Старший исследователь, Тамперский технологический университет, Финляндия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Беспроводные и гетерогенные сети</li> <li>• Приложения типа «машина-машина»</li> <li>• Энергоэффективность</li> </ul>
	Пауло Леитао, <b>h-индекс 18</b>	Профессор электротехники, Политехнический институт Браганса, Португалия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интеллектуальные и реконфигурируемые системы</li> <li>• Киберфизические системы</li> <li>• Автоматизация производства, многоагентные и самоорганизующиеся системы</li> </ul>
	Гюнтер Шух, <b>h-индекс 16</b>	Профессор, директор департамента, Фраухоферский институт производственных технологий, Аахен, Германия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Управление производством</li> <li>• Фабричное планирование, вопросы планирования производства</li> <li>• Инновационный менеджмент</li> </ul>



	Биргит Вогел-Хаузер, <b>h-индекс 16</b>	Профессор, Институт автоматизации информационных систем, Технический университет Мюнхена, Германия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Моделирование распределенных встроенных систем в управлении автоматизацией</li> <li>• Взаимодействие «человек-машина» в инжиниринге процессов</li> </ul>
	Флориан Скопик, <b>h-index 11</b>	Старший исследователь, Австрийский технологический институт, Австрия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Защита объектов критической инфраструктуры</li> <li>• Национальная кибербезопасность</li> </ul>
	Горан Путник, <b>h-индекс 10</b>	Профессор, инженерная школа Университета Минью, Португалия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Программное обеспечение, производство и промышленное проектирование</li> <li>• Вычислительный интеллект</li> <li>• Когнитивная наука и искусственное мышление</li> </ul>
	Томас Бауэрнхансль <b>h-индекс 7</b>	Профессор, директор Фраухоферского института производственного инжиниринга и автоматизации, Университет Штуттгарта (Германия)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Индустрия 4.0</li> <li>• Цифровое производство</li> <li>• Экономика предприятия и производственные технологии</li> </ul>
	Рейнер Андерль, <b>h-индекс 7</b>	Профессор of Computer Integrated Design, бывший декан факультета электротехники, Дармштадтский технический университет (Германия)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Создание виртуального продукта и автоматизированного проектирования</li> <li>• Совместная и распределенная разработка продуктов</li> <li>• Разработка продуктов на основе знаний</li> </ul>

### Меры, направленные на развитие кадрового состава научно-педагогических работников:

1. **Отбор** профессорско-преподавательского состава **будет проводиться на основе открытых международных конкурсов**, а отбор в САЕ лучших сотрудников ЮУрГУ будет происходить с учетом результатов предыдущей деятельности в рамках системы КПЭ.
2. САЕ будет **привлекать талантливых постдоков** для проведения исследований и преподавания в ЮУрГУ.
3. Одной из ключевых мер развития состава являются **длительные стажировки аспирантов и молодых ученых в ведущих зарубежных университетах** и технологичных предприятиях, а также участие в международных высокорейтинговых конференциях.
4. Кадровый состав САЕ будет проходить **обучение английскому языку** с обязательной международной сертификацией.

5. Научно-исследовательские кадры САЕ будут обучаться **проектному управлению, коммуникативным и предпринимательским навыкам**, иметь возможность получить финансирование на создание бизнеса на основе разработок ЮУрГУ.

#### 4. Показатели результативности САЕ

##### 4.1. Перечень наиболее важных для САЕ направлений образовательной деятельности и областей научно-исследовательской/инженерно-технической деятельности, в которых будет обеспечена высокая конкурентоспособность университета в ближайшие 3-5 лет

В рамках САЕ к 2020 г. **будет обеспечена высокая конкурентоспособность** по следующим научным направлениям:

1. **Цифровые двойники и модельно-упреждающее управление:** промышленные облачные платформы для поддержки цифровых двойников с использованием многокритериальной оптимизации, методы и алгоритмы планирования выполнения потоковых приложений при решении задач инженерного анализа в распределенных вычислительных средах.
2. **Методы машинного обучения и интеллектуальный анализ сверхбольших данных для решения промышленных задач:** цифровые платформы для проектирования за гранью интуиции конструктора на основе многопараметрической оптимизации подсистем с использованием цифровых моделей высокого уровня достоверности.
3. **Сенсоры для промышленного Интернета вещей:** киберфизические системы на основе беспроводных сенсорных сетей большого радиуса действия для IIoT.
4. **Защита информации в промышленных системах:** киберзащита корпоративных автоматизированных систем управления технологическими процессами с использованием алгоритмов обнаружения аномалий на основе методов машинного обучения.

В рамках САЕ к 2020 г. будут внедрены с использованием новейших технологий и методик обучения следующие **востребованные образовательные программы**, связанные с тематикой промышленного Интернета вещей:

- Англоязычная магистратура **«Промышленные сенсорные системы и Интернет вещей»** (Industrial Sensors and Internet of Things) (совместно с корпорацией Emerson)
- Магистерская программа **«Кибербезопасность высоконагруженных и промышленных систем»** (совместно с Лабораторией Касперского)
- Англоязычная магистратура **«Анализ данных и методы искусственного интеллекта»** (Data Mining and Methods of Artificial Intelligence) (совместно с корпорацией NVidia)
- Англоязычная магистратура **«Высоконагруженные вычислительные системы»** (High-load computational systems) (совместно с корпорацией Intel)

Будут также активно разрабатываться и внедряться программы англоязычного бакалавриата по востребованным направлениям.

## **4.2. Влияние развития САЕ на мероприятия и показатели утверждённой «дорожной карты» университета**

САЕ будет играть ключевую роль в реализации инфраструктурных изменений Университета. В частности, САЕ будет вовлечена в реализацию мероприятий СИ 1, 2, 3, 4, 6, 8, в том числе:

### **В сфере науки:**

- в рамках САЕ планируется открытие лабораторий с привлечением ведущих ученых мирового уровня по прорывным направлениям в области информационных технологий, активное привлечение зарубежных постдоков к ведению научной и образовательной деятельности.
- коллектив САЕ будет участвовать в разработке методик интеллектуального анализа данных для выявления паттернов обучения студентов университета.

### **В сфере образования:**

- до 2020 г. планируется получение международной аккредитации образовательных программ.
- начиная с 2018 г. все программы, реализуемые в рамках САЕ, будут реализованы с использованием проблемно-ориентированного и проектного образования.
- начиная с 2018 г. все студенты САЕ будут проходить углубленную языковую подготовку по английскому языку, оканчивающуюся обязательной сдачей сертификационного экзамена IELTS.
- все образовательные программы в рамках САЕ будут разрабатываться с учетом требования уменьшения аудиторной нагрузки и введения системы тьюторов, что позволит снизить долю аудиторной нагрузки к 2020 г.
- в 2018 году планируется разработка и внедрение MOOK по перспективным направлениям. К 2020 году будет разработано и размещено на ведущих платформах 10 MOOK по ключевым образовательным направлениям САЕ.
- к 2020 г. 100% преподавателей САЕ будет вести курсы с использованием новых технологий обучения.
- начиная с 2018 г. все курсы, преподаваемые в рамках САЕ, будут читаться с использованием LMS. НПР САЕ будет участвовать в процессе внедрения и обучения сотрудников ЮУрГУ эффективной работе системе LMS.

## **5. Структура и система управления САЕ**

### **5.1. Организационный состав и структура в момент образования и основные изменения в составе и структуре на горизонте до 5 лет**

САЕ «Умное производство» будет сформирована как новая институциональная единица, взаимодействующая с различными школами и кафедрами университета, а также с другими САЕ для проведения научных исследований и организации образовательных программ. Эта новая единица будет включать ученых мирового уровня и лучших сотрудников ЮУрГУ, а также членов управленческой команды.

САЕ будет иметь двухуровневую структуру управления:

- МНС ЮУрГУ, Экспертный совет САЕ, Комитет по образованию САЕ;
- Руководитель САЕ и Проектный офис САЕ.



## 5.2. Структура управления



Все решения принимаются на основе экспертизы трех **коллегиальных органов управления САЕ**:

- **Международный научный совет ЮУрГУ** решает стратегические вопросы развития САЕ, разрабатывает рекомендации по поддержке крупных научных проектов в рамках средств бюджета программы 5-100 и утверждает научную стратегию САЕ.
- **Экспертный совет САЕ** – коллегиальный орган, формируемый из ведущих предприятий Большого Урала в приоритетных отраслях, мировых лидеров в области IT-технологий и инжиниринга, а также ведущих научно-исследовательских институтов и мировых ученых. Состоит из 9 человек. Совет рассматривает детальные планы по развитию прикладной научной деятельности. Экспертный совет также утверждает конкурсные процедуры, именные стипендии, гранты на научные исследования в интересах промышленности.

- **Комитет по модернизации образования САЕ** – коллегиальный орган, состоящий из 7 экспертов, в который входят представители МНС ЮУрГУ, представители Экспертного совета САЕ и ведущие эксперты в области образования. Комитет дает рекомендации по образовательным программам и их модернизации, включая их соответствие компетентносным стандартам и рыночным требованиям.



### Кандидаты в Экспертный совет САЕ:

№ п/п	Ф.И.О.	Основное место работы	Фото
1	Irek Gumerov	Deputy Director General, KAMAZ	
2	Johan Vanderplaetse	President for Russia and the CIS, Schneider Electric	

3	Nikolay Mester	Corporate Projects Development Director	
4	Pavel Shilyaev	CEO, Magnitogorsk Iron and Steel Works	
5	Pino Tese	Executive Vice President, SMS Group	
6	Slawomir Suchomski	Vice President, Europe, Emerson Process Management	
7	Tim Clough	Partner & Technology Development Leader, PwC Russia	

### Исполнительные органы управления САЕ:

- **Руководитель САЕ** – это ведущий ученый-визионер, который разрабатывает и представляет коллегиальным органам для утверждения стратегию развития научной и образовательной деятельности САЕ, включая программу привлечения ведущих ученых и реализации крупных научных проектов, а также контролирует вопросы стратегического развития САЕ. Руководитель САЕ назначается на три года из числа ведущих мировых ученых. Кандидат на должность научного руководителя Школы не может занимать эту должность более двух сроков подряд.
- **Проектный офис САЕ** осуществляет методическую и информационную поддержку, координирует образовательные и научные проекты, а также осуществляет внутренние коммуникации. Проектный офис контролирует реализацию утвержденных коллегиальными органами и научным руководителем САЕ стратегий, решений и проектов, для выполнения которых могут привлекаться специалисты и ресурсы из-за пределов САЕ.

Выдвижение кандидатов в **Экспертный совет** может осуществляться ректором или членами Международного научного совета программы 5-100 ЮУрГУ (МНС). Решение о включении

кандидата в МЭС САЕ принимается МНС простым большинством голосов и оформляется приказом ректора.

### 5.3. Уровень автономности САЕ

САЕ обладает бюджетной автономией и финансовой независимостью. В САЕ передается бюджет для реализации образовательных программ, НИР и ОКР, а также дополнительное финансирование от университета, которое распределяется по рекомендации Международного научного совета. Создание новых лабораторий и научно-образовательных центров, а также привлечение ведущих ученых принимается на основе рекомендации МНС в рамках конкурсов научных проектов. САЕ самостоятельно привлекает гранты и финансирование от бизнеса, сотрудничая с глобальными корпорациями.

В рамках САЕ есть полномочия по расширению или сокращению научных коллективов в рамках САЕ, созданию и закрытию образовательных программ, организации конкурсных процедур по привлечению сотрудников (кроме ведущих ученых). Общие сервисные функции (бухгалтерия, кадровая и юридическая служба) для всех САЕ централизованы на уровне университета. Руководители проектов и образовательных программ получают широкую автономию в рамках утвержденных параметров научных проектов или образовательных программ. При необходимости решения принимаются Ученым советом и Наблюдательным советом в рамках своих полномочий в соответствии с Уставом ЮУрГУ.

В ходе развития структуры САЕ предполагается дальнейшее увеличение ее автономности по финансовым, административным и другим вопросам.





## 6. Календарный план развития САЕ.

№	Наименование мероприятия	Сроки исполнения			Результат исполнения
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	
<b>1.</b>	<b>Общеуниверситетские мероприятия по формированию и развитию САЕ (по решению вуза)</b>				
1.1	Обеспечить регулярную деятельность Международного научного совета ЮУрГУ	Декабрь	Декабрь	Декабрь	Обеспечена регулярная деятельность Международного научного совета ЮУрГУ
1.2	Производить реструктуризацию и модернизацию подразделений Университета, для повышения эффективности	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Произведена реструктуризация подразделений ЮУрГУ
1.3	Провести реструктуризацию бизнес-процессов, в т. ч. внедрение CRM системы и автоматизированного документооборота	Декабрь	Декабрь	Декабрь	Обеспечена автоматизация документооборота
1.4	Обеспечить регулярную деятельность ОУП, в том числе внедрение САЕ	Декабрь	Декабрь	Декабрь	Обеспечена регулярная деятельность ОУП
1.5	Развивать систему привлечения новых сотрудников и формирования кадрового резерва,	Декабрь	Декабрь	Декабрь	Сформировать высококвалифицированный кадровый резерв
1.6	Провести информационные мероприятия о работе системы САЕ и о каждой конкретной САЕ	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Проведены информационные мероприятия о деятельности САЕ
1.7	Развивать системы мотивации и развития НИП в рамках САЕ	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Налажена система мотивации и развития
1.8	Модернизировать многоязычную инфраструктуру для научной, инновационной, образовательной и внеучебной деятельности	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Обеспечена двуязычная инфраструктура
<b>2.</b>	<b>Формирование и развитие САЕ</b>	<p><b>САЕ 1 «Умная промышленность».</b></p> <p><b>Цель САЕ 1:</b> Достижение научных прорывов мирового уровня в области цифровых технологий за счет внедрения промышленного Интернета вещей на ведущих предприятиях Большого Урала и России.</p> <p><b>Задачи САЕ 1:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Повысить доходы от НИОКР за счет реализации масштабных комплексных проектов для промышленных партнеров;</li> </ul>			

№	Наименование мероприятия	Сроки исполнения			Результат исполнения
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Проводить фундаментальные и прикладные исследования для решения глобальных вызовов, связанных с развитием цифровой экономики;</li> <li>Подготовить специалистов нового поколения, способных решать глобальные задачи в области цифровых технологий на высокооплачиваемых рабочих местах;</li> <li>Популяризация промышленного Интернета вещей путем проведения международных конференций и научно-практических семинаров.</li> </ul> <p><b>Позиция в предметном рейтинге QS «Computer Science» по итогам формирования и развития САЕ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2020 г. - 300-350</li> </ul>			
<b>2.1</b>	<b>Развитие образовательной деятельности в рамках САЕ</b>				
2.1.1	Обеспечить проведение анализа структуры набора студентов, с целью исключения невостребованных программ	Декабрь	Декабрь	Декабрь	Произведена реструктуризация программ
2.1.2	Внедрить и развивать новые системы отбора и привлечения талантливых абитуриентов из российских и иностранных вузов	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Повышена эффективность привлечения новых абитуриентов
2.1.3	Обеспечить модернизацию образовательных программ, с целью применения проблемно-ориентированного и проектного подхода в процессе обучения	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Введен проблемно-ориентированный и проектный подход
2.1.4	Развить систему привлечения кандидатов в аспирантуру Университета, в том числе внедрить систему грантов для талантливых аспирантов	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Налажена система привлечения в аспирантуру университета
2.1.5	Развивать систему академической мобильности с передовыми российскими и зарубежными университетами для студентов, аспирантов и талантливых НПП	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Обеспечена возможность академической мобильности для студентов Университета
2.1.6	Создать новые образовательные программы в партнерстве с ведущими научно-образовательными организациями и высокотехнологичными компаниями, в том числе на английском языке	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Созданы новые образовательные программы совместно с российскими и зарубежными партнерами

№	Наименование мероприятия	Сроки исполнения			Результат исполнения
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	
2.1.7	Внедрить в программы обучения модули по обучению предпринимательским навыкам	Сентябрь	Сентябрь	Сентябрь	Созданы новые курсы по предпринимательским навыкам на различных образовательных программах Университета
2.1.8	Обеспечить оптимизацию образовательных процессов, с целью снижения аудиторной нагрузки	Сентябрь	Сентябрь	Сентябрь	Обеспечено снижение аудиторной нагрузки
<b>2.2.</b>	<b>Развитие научно-исследовательской деятельности в рамках САЕ</b>				
2.2.1.	Привлекать ведущих мировых ученых по ключевым направлениям развития	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Привлечены передовые ученые, российские и зарубежные
2.2.2.	Развивать и поддерживать лабораторий, для ведения исследований по ключевым направлениям САЕ, в том числе фундаментальных	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Обеспечено развитие и снабжение лабораторий
2.2.3.	Развивать систему по привлечению и развитию молодых НПР. Формирования конкурсной системы отбора	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Налажено привлечение молодых НПР и система по их развитию
2.2.4.	Развить систему по стимулированию публикационной активности среди НПР и аспирантов	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Январь-декабрь	Создана система мотивации к публикационной деятельности
2.2.5.	Обеспечить развитие Университета в международном академическом сообществе, в том числе путем включения журналов университета в базы Scopus и Web of Science	Декабрь	Декабрь	Декабрь	Обеспечено включение журналов университета в базы данных Scopus и WoS
2.2.6.	Развить систему по грантовой поддержке НПР, аспирантов и студентов на научные гранты, в том числе на ведение фундаментальных исследований.	Декабрь	Декабрь	Декабрь	Создана система по грантовой поддержки НПР и студентов

**Приложение 1.****Таблица 1. Показатели результативности САЕ «Умная промышленность»**

№	Показатель	2016 факт	2017 план	2018 план	2019 план	2020 план
1.	Позиция в отраслевом рейтинге ARWU, THE, QS, в достижении которой участвует САЕ (в соответствии с «дорожной картой вуза-победителя)					
1а	Позиция в отраслевом(предметном) рейтинге Рейтинг QS - всемирный рейтинг университетов (QS World University Rankings) - «Computer science»				351-400	301-350
1б	Позиция в отраслевом(предметном) рейтинге Рейтинг QS - всемирный рейтинг университетов (QS World University Rankings) - «Mechanical, Aeronautical & Manufacturing Engineering»			201-300	201-300	201-300
2.	Количество публикаций в базе данных Web of Science на одного научно-педагогического работника САЕ	3,0	4,0	4,5	4,5	4,5
3.	Количество публикаций в базе данных Scopus на одного научно-педагогического работника САЕ	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0
4.	Средний показатель цитируемости на научно-педагогического работника САЕ, рассчитываемый по совокупности публикаций, учтенных в базе данных Web of Science	3,8	4,7	5,7	7,4	10,3
5.	Средний показатель цитируемости на научно-педагогического работника САЕ, рассчитываемый по совокупности публикаций, учтенных в базе данных Scopus	7,0	8,0	10,0	12,0	16,0
6.	Доля зарубежных профессоров, преподавателей и исследователей в численности научно-педагогических работников САЕ, включая российских граждан – обладателей PhD зарубежных университетов	9%	10%	12%	15%	20%
7.	Доля иностранных студентов, обучающихся на основных образовательных программах, реализуемых САЕ (считается с учетом студентов из стран СНГ)	7%	10%	11%	12%	15%
8.	Средний балл единого государственного экзамена (далее – ЕГЭ) студентов, принятых для обучения по очной форме обучения за счет средств федерального бюджета по программам бакалавриата и специалитета, реализуемым САЕ	72	78	80	82	85
9.	Доля доходов из внебюджетных средств в структуре доходов САЕ	36%	40%	44%	47%	50%

**Таблица 2. Количественные характеристики развития САЕ «Умная промышленность»**

№	Показатель	2016 факт	2017 план	2018 план	2019 план	2020 план
1.	Количество основных образовательных программ высшего образования САЕ, имеющих международную профессионально-общественную аккредитацию	0	1	1	2	2
2.	Количество основных образовательных программ высшего образования САЕ, полностью реализуемых на иностранном языке	1	2	3	4	4
3.	Количество реализуемых основных образовательных программ высшего образования САЕ, ведущих к получению двух дипломов	1	2	2	3	3
4.	Доля численности обучающихся в САЕ по основным образовательным программам высшего образования, участвующих в выполнении научно-исследовательских работ (НИР) САЕ, в общей численности обучающихся в САЕ по основным образовательным программам высшего образования	10%	20%	30%	40%	60%
5.	Доля численности обучающихся в САЕ по основным образовательным программам высшего образования в общей численности обучающихся в образовательной организации по основным образовательным программам высшего образования	4%	5%	6%	8%	10%
5а	То же по программам бакалавриата (специалитета)	3%	4%	5%	6%	8%
5б	То же по программам магистратуры	11%	11%	11%	11%	12%
5в	То же по программам аспирантуры	13%	12%	15%	17%	25%
6.	Доля численности научно-педагогических работников (НПР) САЕ, являющихся авторами публикаций, индексируемых базами данных Scopus или Web of Science, в общей численности НПР САЕ	80%	82%	83%	85%	90%
7.	Доля численности работников САЕ в общей численности работников образовательной организации	5%	5%	8%	10%	13%
8.	Количество созданных результатов интеллектуальной деятельности (РИД) работниками САЕ	23	25	27	29	31
9.	Среднее значение нормализованного импакт-фактора (Source-Normalized Impact per Paper (SNIP)) журналов, индексируемых в базе данных Scopus, в которых опубликованы статьи НПР САЕ в отчетном году	0,75	0,8	0,9	1,0	1,2

**Таблица 3. Финансовая модель САЕ «Умная промышленность»**

	2016 факт* (млн. руб.)	2017 план (млн. руб.)	2018 план (млн. руб.)	2019 план (млн. руб.)	2020 план (млн. руб.)
<b>ДОХОДЫ ВСЕГО:</b>	<b>451</b>	<b>645</b>	<b>1 027</b>	<b>1 702</b>	<b>2 344</b>
<b>1. Средства бюджета</b>	<b>107</b>	<b>222</b>	<b>441</b>	<b>544</b>	<b>659</b>
1.1. Субсидия на выполнение государственного задания	107	222	291	394	509
1.2. Субсидия на выполнение государственного задания по научно-исследовательской деятельности					
1.3. Прочие субсидии и средства бюджетов			150	150	150
<b>2. Внебюджетные средства</b>	<b>344</b>	<b>423</b>	<b>587</b>	<b>1 158</b>	<b>1 685</b>
2.1. Доходы от платной образовательной деятельности (высшее образование, довузовская подготовка, второе высшее и дополнительное образование, дистанционное образование и др.)		45	90	135	180
2.2. Доходы от научной деятельности (выполнение НИР, консультационные и аналитические работы, вкл. гранты РФФ, РФФИ и др.)	344	378	497	1 023	1 505
2.3. Доходы от использования результатов интеллектуальной деятельности					
3. Прочие доходы					
<b>РАСХОДЫ ВСЕГО:</b>	<b>446</b>	<b>644</b>	<b>1 020</b>	<b>1 704</b>	<b>2 343</b>
<b>1. Расходы по отдельным элементам классификации операций сектора государственного управления</b>	<b>103</b>	<b>266</b>	<b>524</b>	<b>681</b>	<b>838</b>
1.1. Расходы по оплате труда	103	226	350	474	598
1.2. Расходы на приобретение оборудования и расходных материалов		30	53	77	100
1.3. Прочие текущие расходы	-	10	20	30	40
1.4. Капитальные вложения и инвестиции			100	100	100
<b>2. Расходы на финансирование научных исследований САЕ</b>	<b>344</b>	<b>378</b>	<b>497</b>	<b>1 023</b>	<b>1 505</b>
Направление 1: Цифровые двойники и модельно-упреждающее управление	123	135	83	170	250
Направление 2: Методы машинного обучения и интеллектуальный анализ сверхбольших данных для решения промышленных задач	122	134	150	309	455
Направление 3: Сенсоры для промышленного Интернета вещей	99	109	149	306	450
Направление 4: Защита информации в промышленных системах	-	-	66	136	200
Прочие			50	102	150
<b>3. Прочие расходы</b>					
<b>ДЕФИЦИТ/ПРОФИЦИТ</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>- 2</b>	<b>1</b>

\*модельный расчет в предпосылках САЕ