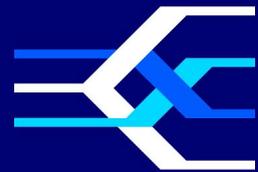


# Инновационные силовые трансформаторы с сердечником из аморфной стали

Снитько Ирина Сергеевна  
К.т.н., научный сотрудник НИЦ ООО «НПК «АВТОПРИБОР»

2023 / 5–6 июля



Москва / Конгресс-центр ЦМТ

VIII Международная  
научно-техническая конференция

«Развитие и повышение надежности  
распределительных электрических сетей»

ОРГАНИЗАТОРЫ



# Предпосылки мировой энергоэффективности:

## 1. Рост тарифов на электроэнергию



В Европе энергетическая инфляция в 2022 году достигла беспрецедентных уровней, а геополитическая ситуация усиливает давление на и без того напряженные рынки.

Эталонный показатель стоимости электроэнергии в Германии в 2023 впервые достиг €1050 за 1 МВт·ч, что в 70+ раз превышает аналогичный показатель в РФ.\*



В 2023 году рост экономик развитых стран Европы замедлится до 0,6%, развивающихся — до 1,7% в связи с энергетическим кризисом. \*\*

\* Источник: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-08-29/europe-s-benchmark-power-price-breaks-1-000-euros-for-first-time>

\*\* Источник: МВФ.

# Предпосылки мировой энергоэффективности:

## 2. Развитие зеленой энергетики



Ускорение перехода Евросоюза на возобновляемые источники генерации электроэнергии влекут за собой рост тарифов и запрос на энергоэффективные технологии.

Ветровые и солнечные источники энергии выработали рекордные 22% электроэнергии в Евросоюзе в 2022, что повлекло за собой рост тарифов по следующим причинам:

- дороговизна технологии производства комплектующих для установок ветряных и солнечных энергостанций;
- потребность построить непропорционально больше линий, т.к. линии электропередач необходимо масштабировать до максимальной, а не средней мощности;
- нестабильность генерации, высокая стоимость обслуживания ЛЭП. \*



\* Источник: исследование European Electricity Review 2023.

# Предпосылки мировой энергоэффективности:

## 3. Рост потребления электроэнергии в Китае



Восстановление экономики после пандемии подразумевает рост энергопотребления во всём мире и конкуренцию за энергоресурсы, что приводит к повышению стоимости последних.

За 10 месяцев 2022 Китай увеличил потребление электроэнергии на 3,8% относительно аналогичного периода прошлого года (7,18 трлн кВт·ч), спрос на электричество со стороны населения подскочил на 12,6%. \*\*

На долю Китая приходится половина роста мирового спроса на нефть. \*\*\*

# 25%

Доля Китая в мировом потреблении электроэнергии в 2021 г.: +1,5 пункта по сравнению с 2019 г.\*

При ожидании роста экономики Китая экономистами ООН в 2023 на 4,8%, мировой спрос на нефть может достичь рекордного уровня, что напрямую повлияет на себестоимость производимой продукции по всему миру.

90% ТЭС работают на угле. Ограничение поставки угля из-за рубежа привело к перебоям поставки электроэнергии.

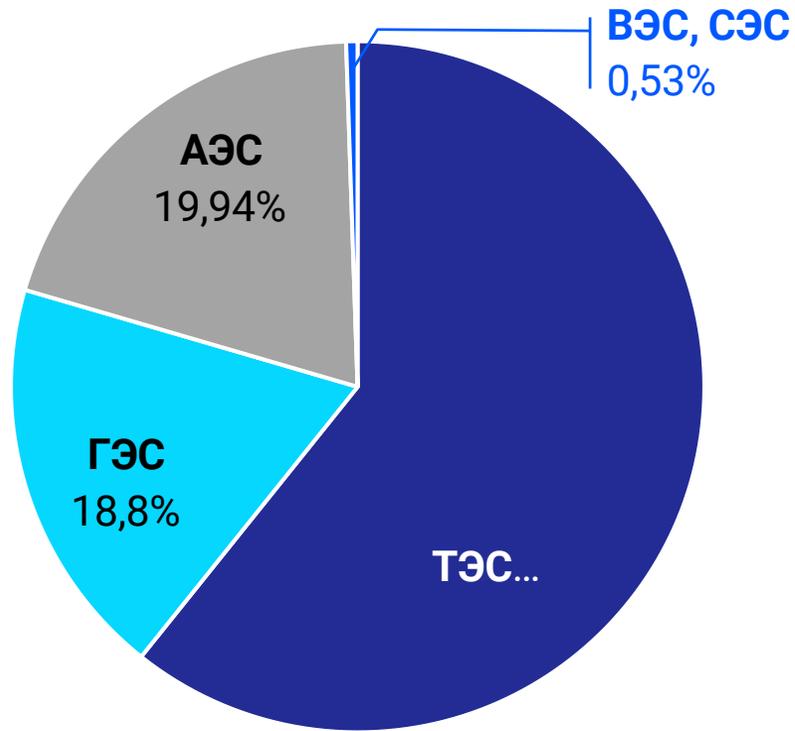
\* Источник: <https://energystats.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>

\*\* Источник: Государственное управление по делам энергетики.

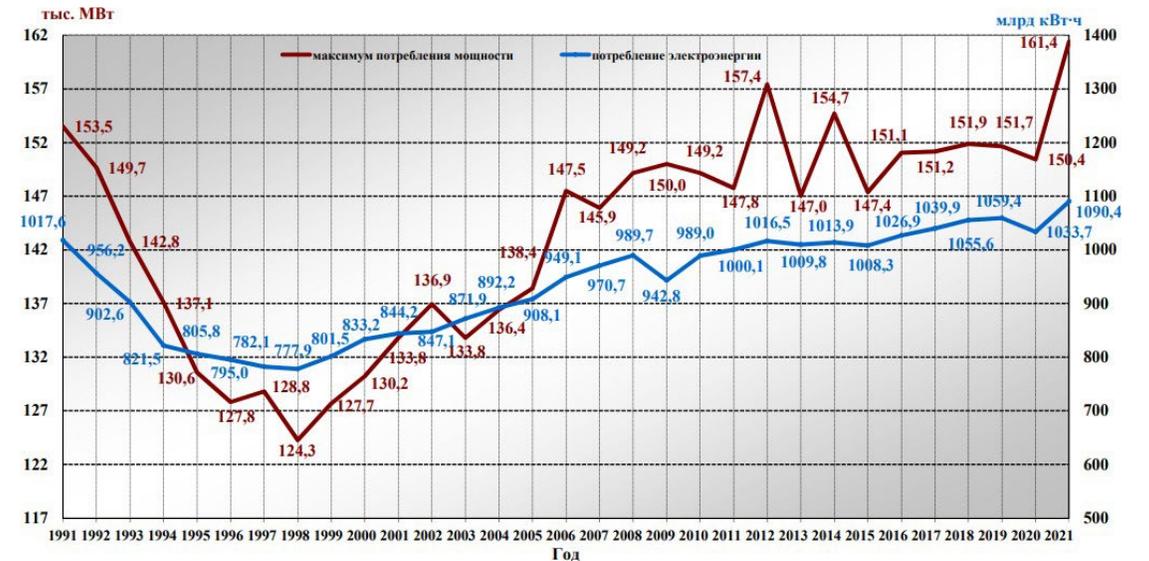
\*\*\* Источник: Международное Энергетическое Агентство.

# Потребление электроэнергии в ЕЭС России на 01.01.2023 г.

Структура выработки электроэнергии по типам электростанций:



Динамика потребления электроэнергии и мощности по ЕЭС России:



\* Источник: <https://conomy.ru/analysis/articles/1020>

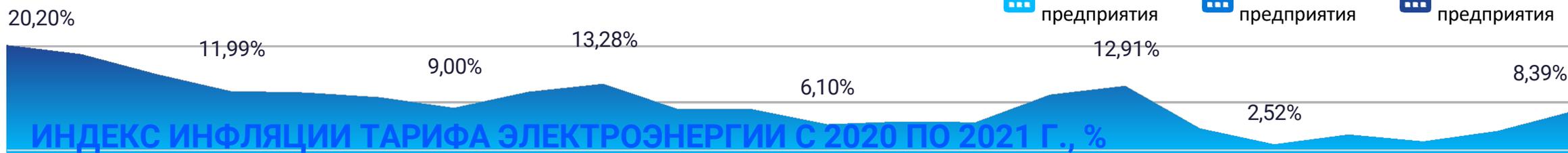
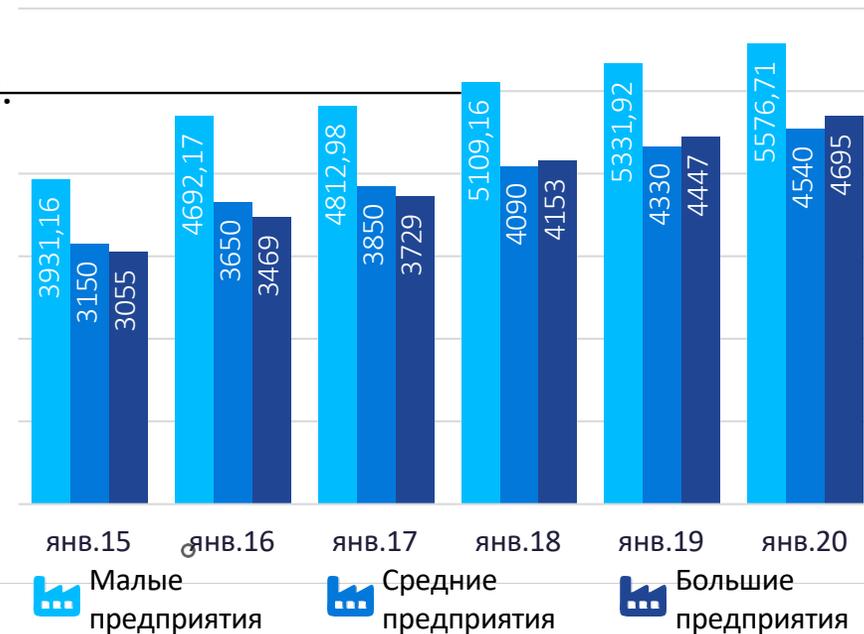
# Отражение мировых тенденций в РФ

Стоимость электроэнергии в декабре 2022 на бирже достигла исторического максимума. Цены на электроэнергию в европейской части РФ и на Урале достигли 1,8 тыс. руб за 1 МВт·ч.

По данным Минэнерго, оптовая цена на электроэнергию не влияет на тарифы для населения, которые регулируются государством и определяются в соответствии с решениями, принятыми на уровне правительства.

Таким образом, основная нагрузка стоимости электроэнергии приходится на рентабельность бизнеса в России.

## Рост цен на электроэнергию для предприятий, руб.



2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021

# Государственная энергетическая политика РФ включает следующие приоритеты:



гарантированное обеспечение энергетической безопасности страны в целом и на уровне субъектов Российской Федерации;



переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике;



рациональное природопользование и энергетическая эффективность;



максимально возможное использование оборудования, имеющего подтверждение производства на территории Российской Федерации.



Энергоэффективные трансформаторы с сердечником из аморфной стали НПК АВТОПРИБОР на 100% отвечают обозначенным Правительством РФ приоритетам по энергоэффективности.

## Ежегодные потери электроэнергии и потенциальная экономия за счет использования аморфных трансформаторов

	Ежегодные потери, ТВт/ч	Потенциальная экономия, ТВт/ч	
США	141	84	60%
РОССИЯ	100	47	50%
ЕВРОСОЮЗ	55	22	40%
ЯПОНИЯ	44	31	70%
КИТАЙ	33	18	54%
ИНДИЯ	6	3	50%
АВСТРАЛИЯ	6	3	50%
<b>ВСЕГО:</b>	<b>385</b>	<b>208</b>	<b>56%</b>



НПК АВТОПРИБОР идёт в авангарде мировых трендов по энергоэффективности с целью обеспечения наилучшими доступными в мире технологиями и импортнезависимыми решениями.

# Аморфная сталь — материал будущего

Металлический сплав из-за огромной скорости охлаждения не успевает кристаллизоваться, и его структура становится аморфной (лишенной кристаллической решетки).

- Повышенная прочность и твердость
- Исключительно высокая коррозионная стойкость (на несколько порядков выше, чем у лучших нержавеющей сталей)
- Превосходящий предел упругости, т. е. способность сохранять свою первоначальную форму после прохождения очень высоких нагрузок и напряжений
- Высокая износостойкость



Изотропность аморфного металла обеспечивает высокие электромагнитные характеристики



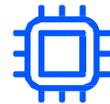
Основа для производства инновационных продуктов



# Технология литья аморфной стали активно применяется во всем мире



Энергетика



Электронная промышленность



Машиностроение



Двигателестроение



Создание композитных материалов



Авионика



Химическая промышленность



ОПК и ГОЗ

# Глобальный рынок аморфной стали в 2023 году

Глобальный рынок аморфной стали в 2023 году оценивается в 11,4 млрд долларов США, и прогнозируемый совокупный среднегодовой темп роста – 6,4% с ожиданиями, что к 2033 году рынок достигнет 21,1 млрд долларов США.

## Основные игроки на рынке аморфной стали:

- |   |  |
|---|--|
|  Rio Tinto Plc.                          |  PMG Holding GMBH           |
|  Hitachi Metals                          |  Sumimoto Metals Mining Co. |
|  Metaglas                              |  Toshiba Corp.            |
|  Advanced Technology and Materials Co. |  |



# НПК АВТОПРИБОР – единственный в России

производитель энергоэффективных аморфных масляных силовых трансформаторов с собственным литейным производством аморфной стали, производством ленты из аморфной стали и магнитных систем трансформаторов.



Инновационный класс  
энергоэффективности

**X4(+)<sub>3</sub>**

Класс напряжения

**6 (10) кВ**

Номинальная мощность

**160-1250 кВА**

# Классы энергоэффективности

Отраслевой стандарт ПАО «Россети»  
СТО 34.01-3.2-011-2021 «Трансформаторы  
силовые распределительные 6-10 кВ мощностью  
63-2500 кВА.

Требования к уровню потерь холостого хода  
и короткого замыкания определяют 4 класса  
энергоэффективности для распределительных  
масляных трансформаторов соответствующих  
мощностей.

# Х4(+) К3

Обозначение категории  
максимальных потерь холостого  
хода в трансформаторе 6-10кВ (от 1  
до 4)

Трансформаторы с  
сердечником  
из аморфной стали  
превосходят высший  
4 класс потерь  
холостого хода

Категория потерь  
короткого  
замыкания (от 1  
до 3)



**I КЛАСС**

«стандартный»  
выпускаемые  
трансформаторы



**II КЛАСС**

«энергоэффективный»  
усовершенствованная  
технология



**III КЛАСС**

«высоко  
энергоэффективный»  
передовая технология



**IV КЛАСС**

«инновационный»  
инновационная  
технология

# Инновационное поколение силовых аморфных трансформаторов класса энергоэффективности X4(+)<sub>K3</sub>



## Энергоэффективность

Снижение потерь холостого хода более чем на 60% за счет особых свойств аморфной стали.



## Долговечность и надежность

Низкая рабочая температура трансформатора (не более +15°C к температуре окружающей среды) позволяет сохранить первоначальные свойства всех изоляционных материалов и увеличивает срок службы до 70 лет.



## Устойчивость к агрессивной среде

Специальные материалы обеспечивают первозданное состояние сердечника при работе в любой среде.



## Простота в эксплуатации

Герметичное исполнение позволяет сократить перечень эксплуатационных работ.



## Производство полного цикла

От литья аморфной стали до высоковольтных испытаний и выпуска готовой продукции.



## Соответствие Постановлению Правительства №600 от 17.06.15

Значение потерь ХХ меньше в 3,75 раза, а значения потерь КЗ не превышают значения, указанные в Постановлении.

# Партнерские отношения с крупными предприятиями энергетической отрасли РФ

Поставки якорному клиенту в филиалы ПАО «РОССЕТИ ЦЕНТР» и ПАО «РОССЕТИ ЦЕНТР И ПРИВОЛЖЬЕ».

В 15 филиалах установлено более 50 аморфных масляных трансформаторов НПК АВТОПРИБОР.



**КОСТРОМАЭНЕРГО**



**ТУЛЭНЕРГО**



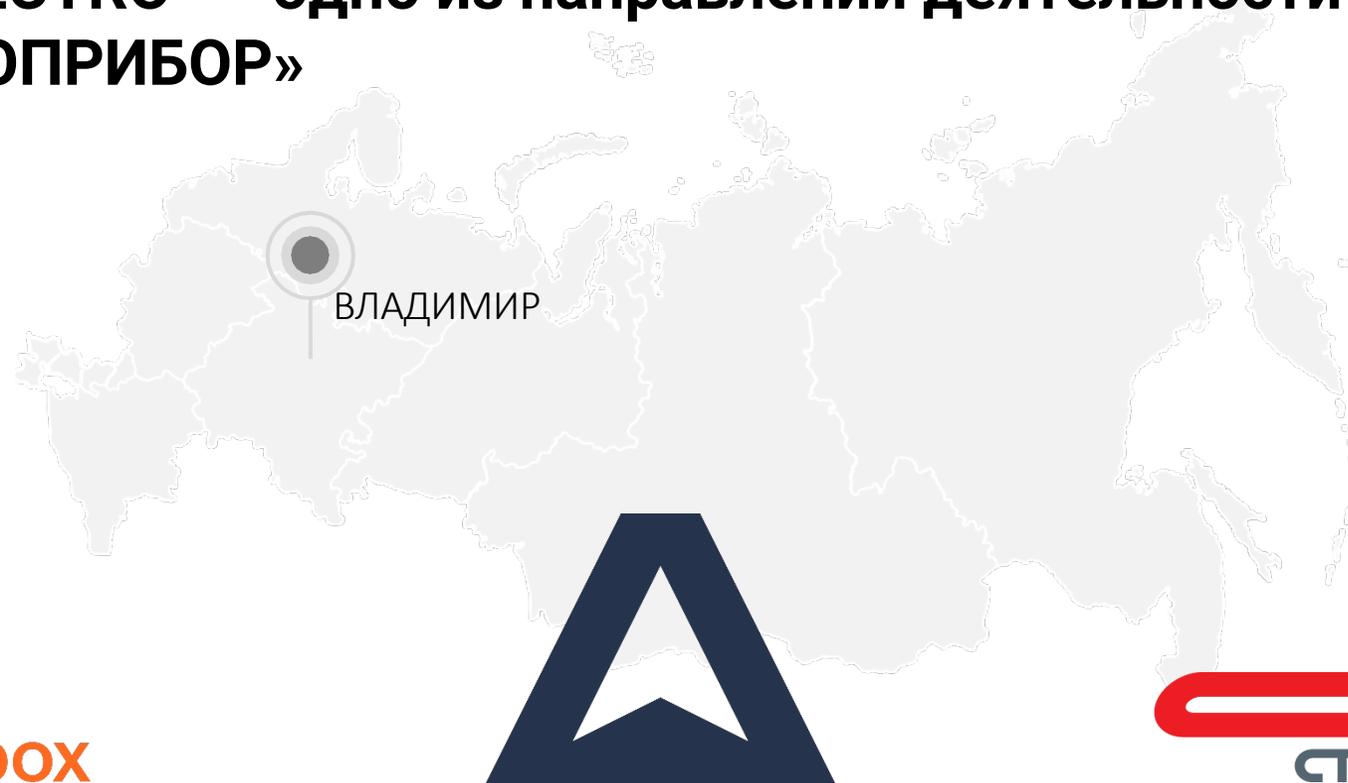
**КИРОВЭНЕРГО**

## AVTOPRIBOR ELECTRO — это:

- единственный в России производитель аморфной стали с производственной мощностью до 1 100 тонн в год;
- производство полного цикла инновационных силовых трансформаторов с сердечником из аморфной стали с мощностью до 1 500 шт. в год;
- производство полного цикла измерительных трансформаторов тока с сердечником из аморфной стали с мощностью до 2,5 млн шт. в год;
- производство полного цикла реле управления нагрузкой с мощностью до 1 млн шт. в год.



# AVTOPRIBOR ELECTRO – одно из направлений деятельности ООО «НПК «АВТОПРИБОР»



ООО «Формабокс» –  
производитель  
гофрокартона, гофроизделий,  
бумажных мешков.



ООО «НПК «АВТОПРИБОР» –  
производитель  
электрооборудования  
и автокомпонентов.



СОВРЕМЕННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ  
НАГРЕВА

ООО «СТН» –  
производитель систем обогрева  
и приборов домашнего, офисного,  
а также промышленного  
пользования.

# НПК «АВТОПРИБОР»

– крупнейший в России производитель электрооборудования и комплектующих изделий для автосборочных предприятий.

Современное предприятие с собственным научно– исследовательским центром и высокотехнологичным производством.

Уникальный пример внедрения инноваций и частных инвестиций.

НПК АВТОПРИБОР – первое предприятие в РФ, объединившее на одной производственной площадке и литьё аморфной стали, и выпуск силовых трансформаторов.

Единственное предприятие в Евразийском Союзе, выпускающее трансформаторы с подтверждённым ПАО Россети классом энергоэффективности X4(+)<sub>K3</sub>.



**107 000 м<sup>2</sup>**

производственная площадь



**150**

крупных клиентов



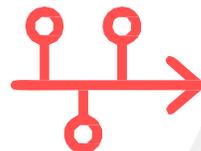
**3 000**

единиц высокотехнологичного оборудования



**>1400**

опытных специалистов



**>90 лет**

в сфере конструирования и производства



**>700**

видов продукции

# Научно-исследовательская деятельность



Более 100 ведущих экспертов и ученых России совместно с 80 инженерами, конструкторами и научными сотрудниками предприятия ведут работу над инновационными проектами, проводят испытания в современном испытательном центре НПК АВТОПРИБОР.



**Оборудование  
изготовлено по  
собственным чертежам  
конструкторов  
НПК АВТОПРИБОР**



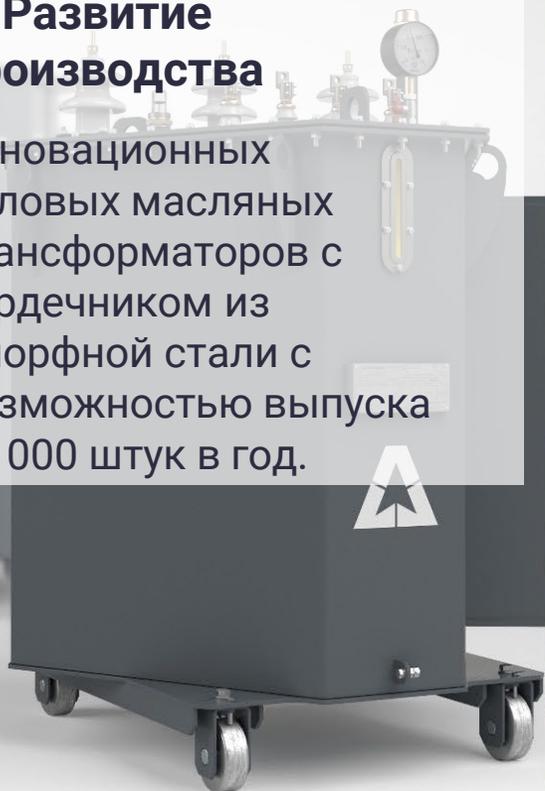
**В НПК АВТОПРИБОР  
установлено уникальное  
оборудование  
для производства  
аморфных  
трансформаторов**



# Планы развития 2023-2027

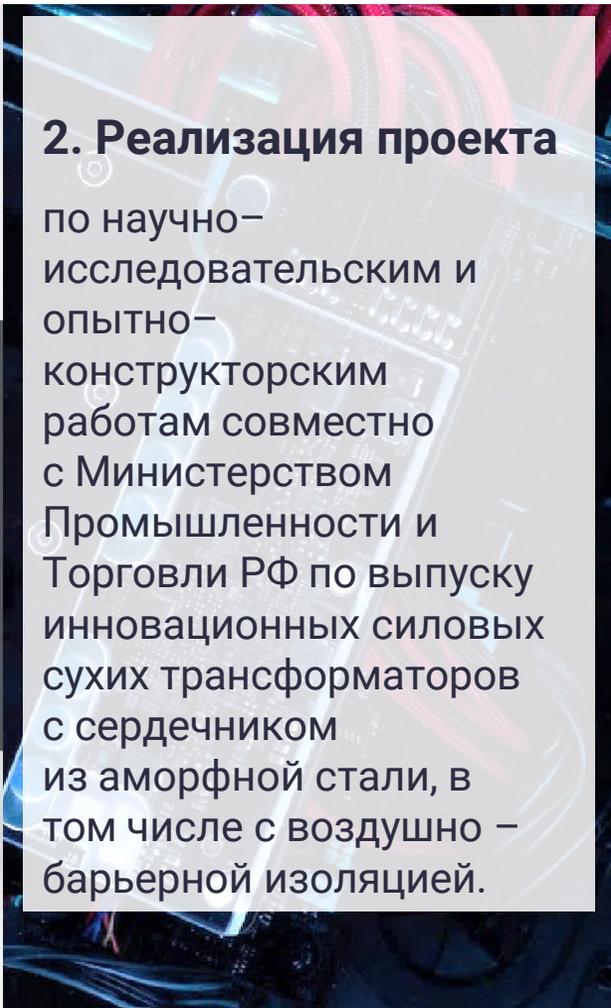
## 1. Развитие производства

инновационных силовых масляных трансформаторов с сердечником из аморфной стали с возможностью выпуска 15 000 штук в год.



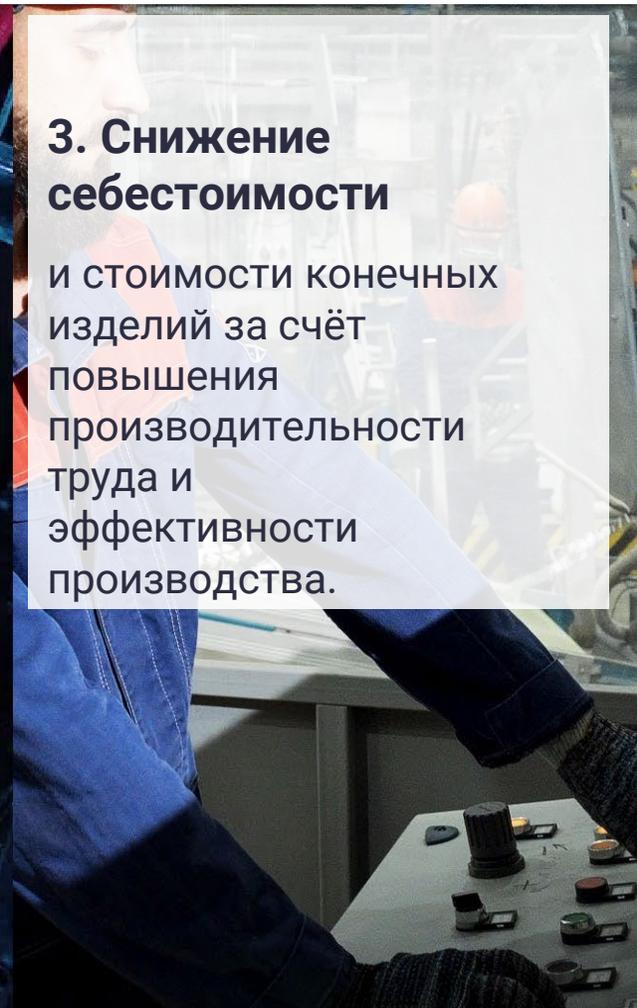
## 2. Реализация проекта

по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам совместно с Министерством Промышленности и Торговли РФ по выпуску инновационных силовых сухих трансформаторов с сердечником из аморфной стали, в том числе с воздушно-барьерной изоляцией.



## 3. Снижение себестоимости

и стоимости конечных изделий за счёт повышения производительности труда и эффективности производства.



## 4. Выход на экспортные рынки



# Почему работать с НПК АВТОПРИБОР?

НПК АВТОПРИБОР — локомотив в создании отечественного инновационного оборудования мирового уровня в области электроэнергетики и автомобильной отрасли, основные задачи которого – повышать уровень импортонезависимости, укрепляя технологический суверенитет Российской Федерации.



Стандарты эффективности и качества продукции НПК АВТОПРИБОР технологически превышают большинство производимых изделий международных компаний.



Удачное логистическое расположение производственных площадок позволяет организовать доставку оборудования клиентам по всей стране в максимально сжатые сроки.



Мы обеспечиваем сервисное обслуживание производимой продукции НПК АВТОПРИБОР и находимся на связи с клиентом каждый день и каждый час.



НПК АВТОПРИБОР готов развивать новые проекты в области компетенций предприятия и отвечать на рыночные вызовы, которые стоят перед Россией сегодня.

**Спасибо за внимание!**

