

# Саморегулирующиеся кабели отечественного производства – элемент системы энергобезопасности промышленности и ТЭК России

Разработки и решения ГК «ССТ» являются основным элементом процесса импортозамещения в России в сфере СЭО и обладают значительным потенциалом с точки зрения развития несырьевого экспорта.



**М.Л. Струпинский,**  
генеральный директор  
ГК «ССТ», к.т.н., почетный доктор  
электротехники АЭН РФ



Рис. 1.

Современный уровень развития предприятий отечественного нефтегазового комплекса требует новых подходов и технологий для обеспечения их бесперебойного функционирования с учетом высоких требований к безопасности и экологии.

За прошедшие 15 лет новые требования к безопасности промышленных объектов обусловили активное применение в нефтегазовой отрасли систем электрического обогрева на основе саморегулирующихся кабелей или других нагревательных элементов. Такие системы обеспечивают бесперебойное функционирование трубопроводного транспорта при сборе и транспорти-

Рис. 2.



ровке нефти и нефтепродуктов, резервуарных парков при хранении и перевалке, технологических установок при переработке. В условиях российского климата и активного освоения Российского Севера. Применение СЭО на объектах стратегических отраслей промышленности является безусловной необходимостью и одной из ключевых технологий для отрасли.

Системы электрообогрева представляют собой современный, удобный, гибкий и экономичный инструмент поддержания необходимого температурного режима на различных объектах. Преимуществами таких систем являются малая материалоемкость, простой монтаж, устойчивость к коррозии и автоматическое управление, обеспечивающее поддержание оптимального температурного режима с необходимой точностью и в соответствии с заданными параметрами.

Системы электрообогрева используются в промышленности для решения следующих задач:

- поддержание требуемой технологической температуры, которая может быть выше температуры окружающей среды на протяжении всего года;
- защита от замерзания оборудования в зимний период;
- разогрев нефти и нефтепродуктов, технических жидкостей и химических веществ при их транспортировке и хранении;



- защита от обледенения оборудования, зданий, сооружений;
- противоконденсационный нагрев.

Очевидно, что без применения СЭО невозможна стабильная и безотказная работа предприятий ТЭК в условиях российского климата. Исключительная важность организации отечественного производства саморегулирующихся кабелей подтверждается структурой потребления СЭО, приведенной на рис. 3. Почти две трети систем электрообогрева выполняются в настоящее время на саморегулирующихся кабелях.

### Требования и основные компоненты СЭО

Главными требованиями, предъявляемыми к СЭО, являются:

- выполнение основной задачи – поддержание температуры, или другие задачи, из описанных ранее. Для этого СЭО должна обеспечить устойчивое выделение расчётной мощности в соответствии с заданным алгоритмом работы.
- надежность – система должна работать в течение длительного периода (от 5-10 до 50 лет), без падения функционала и с минимальным обслуживанием.
- низкая, или скорее адекватная стоимость, поскольку стремление к минимизации стоимости противоречит требованию к высокой надежности СЭО.

Каждая система электрического обогрева промышленного назначения состоит из следующих обязательных компонентов:

- нагревательная часть, обеспечивающая основную функцию СЭО – поддержание температуры;
- система питания и управления, контролирующая работу СЭО в наиболее экономичных режимах и обеспечивающая требования к безопасности.

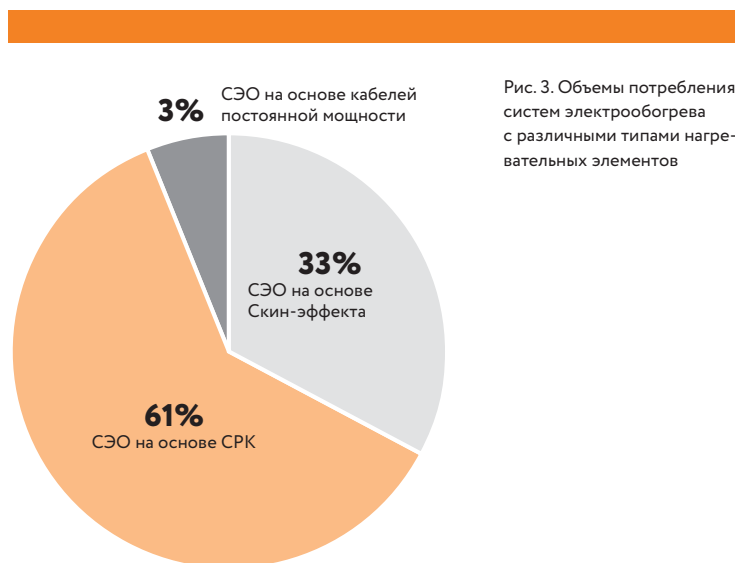


Рис. 3. Объемы потребления систем электрообогрева с различными типами нагревательных элементов

В состав СЭО могут также входить тепловая изоляция, крепежные и вспомогательные элементы.

Нагревательная часть СЭО может быть выполнена на основе:

- саморегулирующихся нагревательных кабелей;
- резистивных нагревательных кабелей;
- нагревательных элементов на основе скин-эффекта;
- нагревательных кабелей с минеральной изоляцией.

### Принципы работы и значение саморегулирующихся нагревательных кабелей

Наиболее эффективным и часто используемым элементом нагревательной части промышленных СЭО является саморегулирующийся кабель (СРК).

Особое место СРК обусловлено тем, что они наилучшим образом соответствуют условиям работы в нефтегазовой сфере.

Саморегулирующиеся кабели обладают рядом существенных преимуществ перед другими



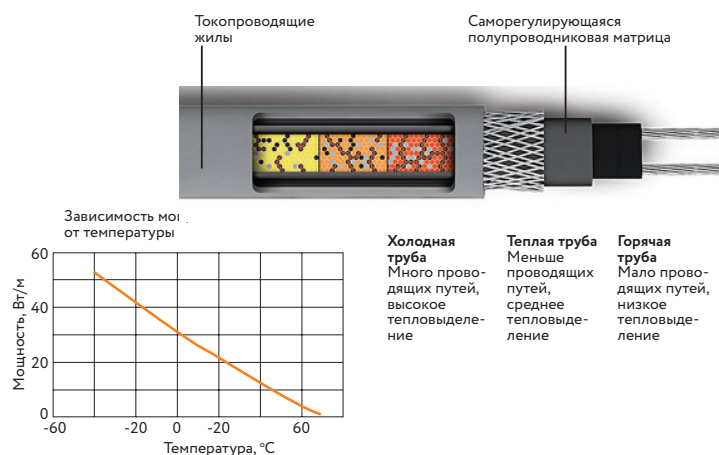


Рис. 4. Принцип работы саморегулирующегося кабеля.

видами нагревательных кабелей и устаревшими видами (пар, вода) систем обогрева.

- **Надежность.** Уникальные свойства саморегулирующегося кабеля исключают возможность самоперегрева;
- **Безопасность.** Исключена возможность перегрева объекта;
- **Удобное использование.** Возможность вести монтаж на объекте, используя отрезки необходимой длины;
- **Простота управления.** Автоматическое реагирование на внешние температурные воздействия, возможность интеграции в системы внешнего управления обогревом;
- **Энергоэффективность.** Для обогрева объекта расходуется ровно столько энергии, сколько необходимо.

Принцип работы СРК основан на тепловыделении в матрице, изготовленной из специального электропроводящего и тепловыделяющего компаунда.

Материал матрицы, являясь наполненным композиционным материалом, обладает положительным температурным коэффициентом сопротивления (ТКР). За счет этого достигается эффект саморегулирования: при росте температуры компаунда его сопротивление растет, а вместе

с ним падает выделяющаяся тепловая мощность. Изделие постоянно находится в тепловом равновесии с окружающей средой, меняя свои электрические свойства. Это уникальное свойство СРК, с одной стороны, объясняет их востребованность в промышленности, с другой – задает ряд специфических критериев и условий для организации их производства.

СРК только внешне напоминают электрические кабели. Во-первых, они предназначены не для передачи электрической мощности, или информации, а для тепловыделения. Причем каждый небольшой участок СРК в процессе работы может менять свои электрические свойства. Это крайне необычно для кабельных изделий, одним из главных свойств которых является стабильность параметров по длине. Главная особенность СРК – электрический ток распространяется, как в продольном направлении, обеспечивая тепловыделение по длине, так и в поперечном, при этом проходя через два контакта «металл-пластик». Электрические контакты типа «металл-пластик» являются уникальной особенностью СРК. Следует отметить крайне малое число электротехнических изделий в мире, в которых используется такой контакт.

Разработка и производство электропроводящего пластика с положительным ТКР, использование электрического контакта «металл-пластик», необходимость выпуска СРК со строго заданным тепловыделением, в совокупности с требованиями к надежности и безопасности СЭО – комплексное решение всех этих задач делает проект локализации производства СРК одним из самых сложных и необычных для российской кабельной промышленности.

Запуск в ГК «ССТ» на базе Особого конструкторского бюро «Гамма» полного цикла производства проводящих пластмасс и саморегулирующихся нагревательных кабелей на их основе является серьезным технологическим прорывом и значимым событием для российской науки и промышленности.

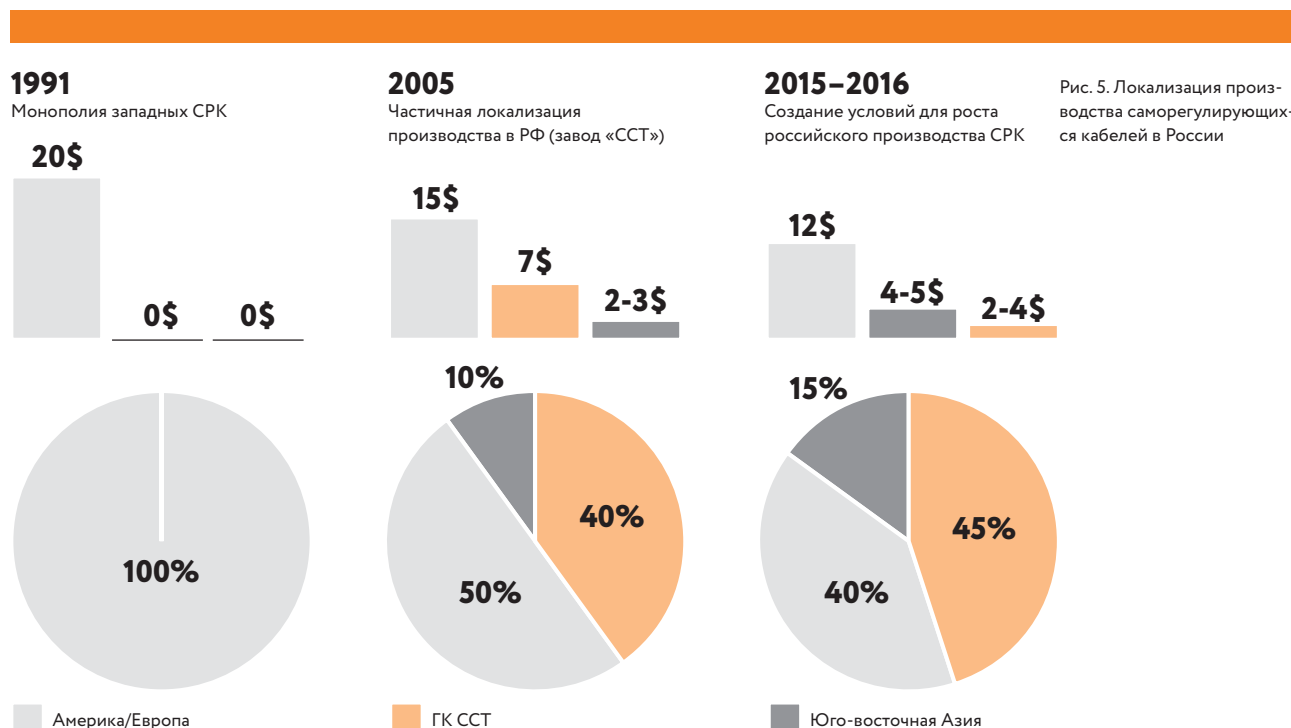


Рис. 5. Локализация производства саморегулирующихся кабелей в России

Впервые в России налажен серийный выпуск саморегулирующихся кабелей, что позволит в ближайшее время полностью обеспечить российскую промышленность отечественными системами электрообогрева.

### Основные этапы развития российского производства нагретельных кабелей и систем электрообогрева на их основе

В СССР серийно выпускалось всего 2 типоразмера низкотемпературных нагревательных кабелей для нужд метрополитена, и несколько марок нагревательных кабелей с минеральной изоляцией, которые, в силу особенности конструкции, могут крайне ограниченно применяться в нефтегазовой отрасли.

К началу 90-х годов системы электрообогрева на основе саморегулирующихся кабелей только начинали применяться в нефтегазовой отрасли. В то время монополия на эти системы была целиком в руках зарубежных производителей.

ГК «ССТ» на протяжении 25 лет последовательно наращивала долю отечественных СЭО на российском рынке. Научно-исследовательская деятельность, развитие производственного потенциала и отраслевой экспертизы стали определяющими факторами развития российского производства систем электрообогрева.

В начале 90-х годов прошлого века в «ССТ» был создан полный цикл производства нагревательных и необходимых для их использования средне- и высокотемпературных питающих кабелей и проводов. Таким образом, в России был налажен выпуск более 100 видов и более 500 маркоразмеров нагревательных кабелей, как на основе резистивного тепловыделения, так и на основе скин-эффекта. Фактически, с этого времени в России начался процесс импортозамещения в сегменте промышленных СЭО.

К 2005 году отечественные СЭО уже активно используются на объектах крупнейших российских нефтегазовых компаний. Российские системы в этот период занимают порядка 40% российского рынка промышленных СЭО, постепенно вытесняя импортные аналоги (рис. 5).

Важным фактором развития отрасли явилось открытие в 2007 году завода «ССТ» в г. Мытищи Московской области. Этот комплекс на сегодняшний день является одним из крупнейших в мире предприятий по производству нагревательных кабелей и изделий на их основе.

В первые годы 21 века в ГК «ССТ» было налажено промышленное производство СРК на основе импортируемой матрицы. В период частичной локализации производства мы сформировали уникальную базу знаний о свойствах материалов, компаундов, готовых изделий. Также в этот период создавалась испытательная база, которая для СРК является особенной, не имеющей аналогов в кабельной и электротехнической промышленности. Объёмы производства с каждым годом становились все более и более значимыми, и вопрос производства российской матрицы становился все более актуальным.

Рис. 6. Типовой объект ТЭК с обогреваемыми трубопроводами

## Первое в России производство СРК полного цикла

В 2013 году в ГК «ССТ» стартовал проект создания полного комплекса производства электропроводящих компаундов, саморегулирующейся матрицы и саморегулирующихся нагревательных кабелей. Следует отметить, что проект был запущен до того, как импортозамещение стало приоритетным направлением государственной политики развития экономики и промышленности России.

Особенностью проекта являлось то, что одновременно формировался комплекс производства как низкотемпературных, так и высокотемпературных СРК, основу которых составляют фторопласты. Поэтому производственный и испытательный комплекс создавался с учетом многолетнего опыта специалистов ГК «ССТ» по переработке фторопластов.





Рис. 7. CCT – единый центр компетенций и ответственности

В 2015 году в ГК «ССТ» была завершена подготовка производственной базы и организационной структуры для реализации программы импортозамещения в области СЭО и СРК. На базе ОКБ «Гамма» было запущено промышленное производство отечественных проводящих полимерных материалов и саморегулирующихся кабелей. Была проведена фундаментальная работа в области исследования свойств проводящих материалов. Разработан комплекс уникальных методик испытаний и измерения свойств СРК, оборудована не имеющая аналогов в России испытательная лаборатория. На базе ОКБ «Гамма» создан единственный в России производственный комплекс полного цикла, парк оборудования для которого разработан по заказу и выпущен под контролем ГК «ССТ».

Производственные мощности нового завода позволяют в ближайший год на 100% обеспечить российскую промышленность отечественными системами электрообогрева. Запуск нового производства позволит досрочно достичь целевых показателей Плана мероприятий по импортозамещению в отрасли энергетического машиностроения, кабельной и электротехнической промышленности Российской Федерации, утвержденного Приказом Минпромторга РФ №653 от 31 марта 2015 года.

Рис. 7. CCT – единый центр компетенций и ответственности

### Замещение импортных СЭО, как инструмент повышения энергобезопасности российской промышленности

Надежность СЭО напрямую влияет на безопасную и непрерывную работу промышленных объектов не только в нефтегазовом комплексе, но и в других стратегических отраслях – энергетике, химической промышленности, авиации, иных важных как для промышленности, так и обороноспособности сферах.

Основной объем потребляемых промышленными предприятиями СЭО приходится на системы на основе саморегулирующихся кабелей (рис. 3). Российские промышленные предприятия потребляют порядка 7,5 тысяч километров СРК ежегодно, причем доля нефтегазового сектора составляет около 70%. На российском рынке, помимо продукции ГК





8 000

установленных  
СЭО

10 000

разработанных  
проектов

20 000 км

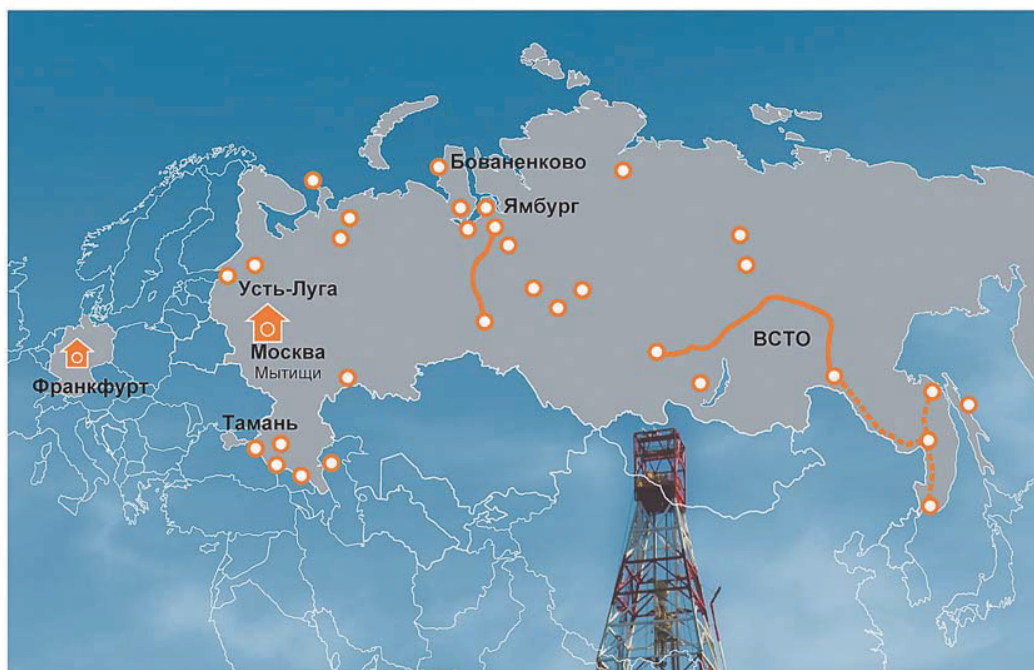
обогреваемых  
трубопроводов

Рис. 8. Отраслевая  
экспертиза ГК ССТ

«ССТ», представлены кабели нескольких производителей из США и стран Евросоюза. Помимо этого, в Россию ввозится продукция малоизвестных зарубежных производителей, которая не всегда соответствует критериям качества и надежности.

Применение СЭО российского производства позволяет исключить техногенные риски в стратегических отраслях и обеспечить:

- надежную работу промышленных объектов и предприятий нефтегазовой отрасли во всех климатических поясах, на суше, под землей и на море независимо от времени года;
- возможность остановки производства и последующего штатного запуска его в работу;
- снижение аварийности и замены «замерзшего» оборудования;

- снижение энергоемкости производства, по сравнению с другими методами обеспечения непрерывной эксплуатации.

Помимо этого, появление СЭО, на 100% произведенных в России, позволит очистить отечественных рынков от некачественных и контрафактных продуктов, снизить зависимость российских потребителей от импортных нагревательных кабелей для систем электрообогрева, а также повысить уровень энергетической и технологической безопасности объектов топливно-энергетического и оборонно-промышленного комплекса России.

### Инфраструктура замещения импортных СЭО и развития экспорта

Запуск полного цикла производства СРК завершил процесс формирования инфраструктуры для





Рис. 9. Стратегические отрасли, для которых ГК ССТ ведет разработки систем обогрева и специальных кабелей

реализации процесса импортозамещения в сфере промышленных СЭО.

Предприятия ТЭК, ОПК и других стратегических отраслей могут использовать все необходимые элементы для систем электрообогрева, теплоизоляции и термической защиты оборудования отечественного производства. В России работает отраслевой центр проектирования и сеть профессиональных инжиниринговых компаний, которые сопровождают СЭО на всех этапах жизненного цикла.

На базе ГК «ССТ» в России создан единый центр компетенций и ответственности (рис.7), который гарантирует надежность всех компонентов СЭО, применение наиболее точных проектных решений, качество монтажа и технического обслуживания систем. Надежность российских СЭО обеспечивает сквозная система контроля качества: от отдельных элементов до готовых решений, от экспертизы проектов до мониторинга параметров эксплуатации.

На сегодняшний день российские СЭО уже установлены практически на всех мегапроектах российского ТЭК. За 25 лет существования

отрасли, реализовано более 8 тысяч проектов по оснащению объектов ТЭК системами промышленного обогрева российского производства. Совокупная протяженность трубопроводов, которые обогреваются отечественными СЭО, превышает 20 тыс. км. Протяженность сверхдлинных систем электрообогрева на основе СКИН-эффекта, произведенных в России, составляет более 500 км (рис. 8).

Российские системы обогрева трубопроводов и резервуаров, произведенные в ГК «ССТ», работают на объектах ПАО «Газпром», ПАО «ЛУКОЙЛ», ОАО «НК Роснефть», ПАО АНК «Башнефть», ПАО «Татнефть», ОАО «АК «Транснефть», АК «АЛРОСА», Total и многих других компаний.

Решения ГК «ССТ» в области промышленных СЭО являются основным драйвером процесса импортозамещения в России и обладают значительным экспортным потенциалом. Сегодня российские разработки востребованы в ряде стран Европы и Юго-Восточной Азии. Серьезный интерес к российским СЭО проявляют компании из стран Ближнего Востока.

**Уже разработан ряд решений** для предприятий авиа- и судостроения, атомной энергетики, ВПК, **которые обеспечивают защиту от замерзания** ответственных узлов и механизмов, поддержание заданной технологической температуры оборудования, антиобледенение открытых площадей.

Запуск полного цикла производства проводящих пластмасс в ОКБ «Гамма» дает возможность не только обеспечить российский рынок отечественными СЭО на основе СРК, но и начать освоение новых продуктов для предприятий ТЭК и ОПК.

Уже разработан ряд решений для предприятий авиа- и судостроения, атомной энергетики, ВПК, которые обеспечивают защиту от замерзания ответственных узлов и механизмов, поддержание заданной технологической температуры оборудования, антиобледенение открытых площадей.

Ведутся исследования в области специальных решений на основе теплопроводящих полимеров, готовится к запуску проект по серийному выпуску кабелей для холодного монтажа, специальных кабелей для нефтегазового комплекса и атомной энергетики.

## Выводы

**1** Без применения СЭО невозможна стабильная безотказная круглогодичная эксплуатация оборудования предприятий стратегических отраслей российской промышленности.

**2** Саморегулирующиеся нагревательные кабели обладают рядом существенных преимуществ перед другими видами нагревательных элементов систем обогрева с точки зрения надежности, безопасности, энергоэффективности, снижения затрат на монтаж и эксплуатацию.

**3** Запуск полного цикла производства СРК в ГК «ССТ» - уникальный проект для российской кабельной промышленности.

**4** СЭО на основе СРК российского производства повысят уровень энергетической безопасности объектов топливно-энергетического и оборонно-промышленного комплекса России.

**5** Переход российской промышленности на отечественные СЭО исключит технологическую зависимость от зарубежных поставщиков и повысит уровень технической безопасности предприятий.

**6** Разработки и решения ГК «ССТ» являются основным элементом процесса импортозамещения в России в сфере СЭО и обладают значительным потенциалом с точки зрения развития несырьевого экспорта. ■