

СПГ: проекты от идеи до запуска. Точка зрения машиностроителя

In brief
*LNG - Projects from
scratch to liquifaction.
OEM vision.*

Understanding of the economical drivers from gas supply to it's liquefaction, transport, regasification and consumption is critical for the success in today's LNG project's environment. The world is complex, and there's a wide range of concepts, geographies, technical solutions and regional market drivers that play a role in key project decisions. Siemens as a Major manufacturer of extended product range, including solutions for LNG, implements Gas-to-Power approach, providing customers with maximum effectiveness and value chain safety. The article presents the OEMs' views to the situation on LNG market and specifies the factors, which have influence to the success.

Д. Кинси, С. Уайлдман – компания Siemens
С. А. Леонтьев, В. В. Дурьманов – ООО «Сименс»

Глобальный рынок сжиженного природного газа (СПГ) переживает непростые времена, когда низкие цены на нефть оказывают на него негативное влияние. Сейчас на этап ввода в эксплуатацию выходят крупнотоннажные СПГ-проекты, начинавшиеся несколько лет назад, когда ценообразование находилось в более комфортной зоне.

Нефтегазовая отрасль, тенденции и динамика ее развития также меняются. Так называемая сланцевая технологическая революция вносит свой вклад в возрастающие товарные потоки нефти, газа и СПГ. Все это оказывает давление на уровень биржевых долгосрочных и спотовых цен на газ и на СПГ. Тем не менее, индустрия СПГ продолжает быстро развиваться. И Россия является одним из активных игроков со своими крупнотоннажными СПГ-проектами в регионах Сахалина, Ямала, Гыдана и Ленинградской области.

На прошедшем недавно в Москве 4-м международном конгрессе «СПГ Россия-2017», в числе прочего, говорилось о том, что многие проекты строительства заводов СПГ в России и в мире приостанавливаются или откладываются в ожидании лучшего времени для выхода на рынок.

На рис. 1 изображен график мирового баланса спроса и предложения на СПГ, составленный авторами статьи на основе разных аналитических материалов и сообщений от мировых игроков рынка. Из графика видно, что нынешний спад спроса на СПГ и превышение над ним предложения сменится ростом в начале 2020-х годов. По крайней мере, таковы ожидания большинства участников. Конечно, точную дату или даже год никто спрогнозировать не может, и в этом состоит сложность принятия решения о начале СПГ-проектов.

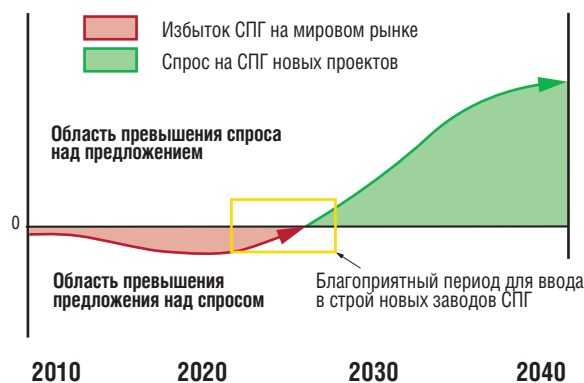


Рис. 1. Баланс спроса и предложения на СПГ в 2010-2040 гг. (видение авторов статьи)

Тем не менее, если планируется запустить завод, например, в 2025 году, то необходимо учесть длительность всех этапов, предшествующих этому моменту. А поскольку цикл от *принятия решения об инвестировании (FID – Final Investment Decision)* до отгрузки первого объема СПГ занимает в среднем пять лет, а от *начальных изысканий и ТЭО (FEED – Front-End Engineering Design)* – минимум 7 лет, то принимать самые важные концептуальные решения и выбирать основных партнеров нужно не позднее 2018 года. Для этого следует учитывать специфику данных проектов, огромное количество внешних факторов и в том числе реалии рынка СПГ.

В статье отражены взгляды производителей основного оборудования на то, что происходит с рынком СПГ, и определены факторы, влияющие на успешность того или иного проекта.

На современном этапе развития СПГ-проектов для их успешной реализации очень важно понимать движущие экономические силы, действующие по всей цепочке – от добычи и доставки газа до его сжижения, транспорта и потребления СПГ. Сегодня существует огромное разнообразие концепций, географических привязок, технологических решений, экономических сил, присущих тем или иным региональным рынкам, а также прочих факторов, влияющих на ключевые решения по проектам. У руководителей современных проектов огромный выбор.


Оригинальные производители оборудования (ОЕМ), например как Siemens, применяют разные подходы в своей деятельности, призванной на самых ранних стадиях помочь руководителям того или иного проекта определить: а) в каких направлениях лучше всего сосредоточить ресурсы и б) как добиться оптимального решения с точки зрения затрат в течение всего жизненного цикла основного оборудования. Говоря о подходах, следует понимать, что они возникли не на пустом месте, а являются результатом развития технологий и маркетинга от простых продаж произведенного оборудования до разработки комплексных решений.

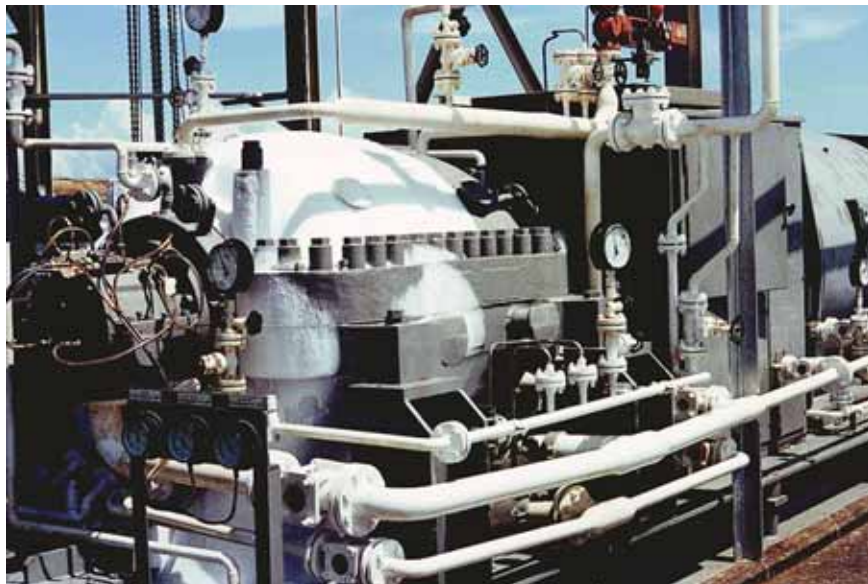
Изначально стратегия участников рынка формировалась на базе того, что они производят, и маркетинг был вторичен по отношению к производству. Линия поведения на рынке строилась, отталкиваясь от производства. Основой рыночной стратегии был тот или иной *продукт, товар*.

В конце XX века нормой становится разработка, производство и продажа функционального комплекса услуг и товаров – *решений*, призванных обеспечить выполнение конкретных задач потенциального заказчика. То есть

новой основой, от которой отталкивались производители, уже стала некая специфическая потребность заказчика. Позднее понятие *решение* заменилось новым термином – *ценность*. Таким образом, базовым элементом маркетинга стало не просто удовлетворение некой потребности за счет предложенного *решения*, а создание чего-то ценного для заказчика – продукта, услуги, комплекса решений, представляющих для клиента новую ценность.

Но, конечно же, развитие на этом не останавливается. Сейчас рынки становятся глобальнее, *продукты* – технологичнее, *решения* – сложнее, а проекты настолько емкими с точки зрения затрат, что без сложных финансовых схем с привлечением заемных средств их просто не реализовать. В частности, говоря о крупнотоннажных СПГ-проектах, следует отметить, что их развитие и строительство финансируется из собственных средств заказ-

 **Реальные условия эксплуатации на заводе СПГ и криогенные испытания узлов компрессора на предприятии-изготовителе**





LNGo – высоко-мобильная установка СПГ компании Siemens

LNGo:

- полностью функциональная установка, включает собственное энергообеспечение и мембранную газоподготовку для удаленных и локальных месторождений;
- варианты для высокого и низкого давления;
- производительность установки по сжиженному газу 4,5...17,5 тыс. тонн в год, что соответствует газовому потоку на входе 6,3...24,4 млн м³ в год;
- срок поставки – от 6 до 12 месяцев.

Рис. 2. Цепочка ценностей от получения газа до генерации энергии

чика лишь в малой степени. В ход идут различные виды инвестиций, займы, средства государственной поддержки и даже обязательства по контрактам поставки СПГ, который будет произведен на строящемся заводе через несколько лет.

Таким образом, понятие *решения* для современных проектов СПГ трансформируется и становится настолько емким, что включает в себя уже практически весь завод. С одной стороны, Siemens представляет некоторым заказчикам самый мощный в мире (160 МВт) компрессорный агрегат основного хладагента (фото на с. 8), но с другой – предлагает комплексную компактную установку по сжижению газа с использованием собственного запатентованного процесса LNGo. Однако ни одна, даже самая большая глобальная машиностроительная корпорация не в состоянии производить все элементы оборудования и весь спектр услуг, необходимых для реализации данных проектов.



Цепочка ценностей (Value Chain) – последовательность этапов, являющихся частью производства продукта или услуги, продаваемых заказчику, каждый из которых повышает стоимость продукта или услуги.

Цепочка ценностей (Value Chain) – последовательность компаний, вовлеченных на различных этапах производства продукта или услуг, продаваемых заказчику, каждый из которых повышает стоимость продукта или услуги

Источник: Кэмбриджский он-лайн словарь <http://dictionary.cambridge.org/ru/>

Но в этом и нет необходимости, поскольку *решение* для завода СПГ включает настолько много технических, экономических и политических составляющих, что самым главным становится не охватить все, а понять ключевые точки так называемой *цепочки ценностей* (см. врезку внизу страницы).

Концепция цепочки создания ценности была разработана Майклом Портером в 1985 г. Основная ее идея заключается в том, что компания, осуществляя свою деятельность, создает для своих клиентов определенную ценность или набор ценностей. При этом клиенты должны действительно нуждаться в такой ценности и быть готовыми за нее платить.

Что подразумевается под этим понятием *цепочка ценностей*? В его основе лежит моделирование процессов практически любого производственного бизнеса – от получения сырья до реализации готового продукта. Очевидно, что такой процесс состоит из нескольких этапов, и каждый этап вносит свой вклад в достижение конечной цели – получение прибыли. Нарушение деятельности или неоптимальная деятельность на любом из этапов приводит к нарушению процесса в целом, то есть – к разрыву *цепочки ценностей*. Таким образом, каждый этап процесса, нарушение которого критично сказывается на достижении конечной цели, представляет собой звено цепи, а их совокупность – *цепочку создания ценностей*. Именно такая модель (рис. 2) набирает широкую популярность в нефтегазовом бизнесе в последние 10–20 лет.

Как и многие другие крупные производители, Siemens интегрирует различные бизнесы в единую структуру, дающую доступ к самым эффективным решениям в широком диапазоне применений через «одно окно», тем самым предоставляя возможность получать доход от

синергетического эффекта. Важно отметить, что такая структура Siemens, получившая название «Газ – в энергию», ориентирована именно на работу с заказчиками по всей их цепочке формирования ценности, а не только на уровне продуктов или решений. Рассмотрим подробнее основные моменты. Для краткости там, где это уместно, вместо развернутого определения *цепочка формирования ценности* будем использовать короткий термин *цепочка ценностей*. Идеология «Газ – в энергию» – новое видение цепочки ценностей, формируемое меняющимися условиями рынка и макроэкономическим окружением.

Необходимо рассматривать все аспекты *цепочки ценностей*: добыча или поставка газа, газопровод, капитальные и эксплуатационные затраты по сжиганию газа, производственная себестоимость и тарифы, надежность, эффективность, отгрузка и доставка СПГ, регазификация, генерация энергии на электростанции. Все эти аспекты являются важными и могут стать критичными. Например, колебания стоимости доставки могут влиять на экономику всего проекта в пределах 10–15 % годовых затрат, делая его либо более, либо менее конкурентоспособным.

Сегодня мы рассматриваем сценарии, которые связывают генерацию энергии с добычей и сжиганием газа. Мы работаем вместе с нашими клиентами, чтобы совместно оценить полную стоимость владения оборудованием, рассматривая эффективность, затраты на производство, стоимость долгосрочных сервисных контрактов, а также ремонтпригодность оборудования в течение всего жизненного цикла предприятия.

В современном «мире СПГ» существует масса различных факторов, влияющих на принятие решений. Те из них, которые необходимо учитывать на ранних стадиях строительства завода СПГ, приведены ниже.

- Будет ли это завод средней производительности, то есть 1–2 млн тонн в год, призванный поддерживать рынок относительно небольших и, значит, более гибких потребителей СПГ? Или это будет традиционный крупнотоннажный завод СПГ с несколькими производственными нитками?
- Какое из размещений (на суше в прибрежной зоне, плавучий завод СПГ, включая его размещение на конвертированных большегрузных судах) является оптимальным?
- В какой географической точке будет строиться завод? В какой стране? В каком климате? Вблизи каких рынков потребления СПГ и какой ресурсной базы?
- Какой процесс сжигания использовать?

Испытательный центр в Дуйсбурге позволяет проводить полно-размерные испытания компрессорных агрегатов большой мощности (до 160 МВт) для заводов СПГ.

- Подключение к сети 110 кВ, 122 МВА
- Большой участок для установки крупных элементов испытываемого оборудования
- Наличие высококвалифицированного персонала для СМР, ПНР и испытаний
- Обеспеченность электроэнергией, газом и паром позволяет проводить испытания компрессорных агрегатов с электроприводами мощностью до 80 МВт, с ГТУ – до 160 МВт, с паротурбинными приводами – до 35 МВт
- Крановое хозяйство (2 x 350 тонн и краны меньшей г/п)



Мегатестцентр

«Энергетическая безопасность — это состояние защищенности страны, ее граждан, общества, государства, экономики от угроз надежному топливно- и энергообеспечению».

Национальный Совет Безопасности России. <http://nacsoubez.com>

«Энергетическая стратегия России на период до 2020 выделяет следующие цели политики энергетической безопасности:

- способность ТЭК надежно обеспечивать экономически обоснованный внутренний и внешний спрос энергоносителями соответствующего качества и приемлемой стоимости;
- способность потребительского сектора экономики эффективно использовать энергоресурсы, предотвращая тем самым нерациональные затраты общества на свое энергообеспечение и дефицитность топливно-энергетического баланса;
- устойчивость энергетического сектора к внешним и внутренним экономическим, техногенным и природным угрозам, а также его способности минимизировать ущерб, вызванный проявлением различных дестабилизирующих факторов».

Энергетическая стратегия России на период до 2020 года. www.gazo.ru

«Энергетическая безопасность — это обеспечение бесперебойного доступа к энергетическим ресурсам по приемлемой цене».

Международное энергетическое агентство. www.iea.org

«Энергетическая безопасность — способность местных и импортируемых ресурсов удовлетворять растущий спрос на энергию в течение определенного периода времени по доступным ценам».

Всемирный энергетический совет. www.worldenergy.org

«Технологическая безопасность — обеспечение устойчивости высоких технологий при осложнениях, возникающих в связи с неблагоприятными тенденциями или конкретными событиями в государстве».

Финансовый словарь. http://dic.academic.ru/dic.nsf/jin_enc/30408

«Технологическая безопасность — это важнейшая составная часть экономической безопасности в целом, направленная на обеспечение устойчивости высоких технологий при осложнениях, возникающих в связи с неблагоприятными тенденциями».

Грязев А.Н. Импортзамещение как основа технологической безопасности. ФГУП ЦНИИС. <http://mirtelecoma.ru/magazine/elektronnaya-versiya/1008>

- Что будет применяться в качестве привода основных компрессоров хладагента: электромоторы, авиапроизводная или промышленная ГТУ?
- Насколько оборудование будет соответствовать требованиям, обусловленным окружающей средой и мероприятиями по ее защите?
- Как цифровые технологии будут интегрированы в проект?

Помимо этого, существует еще множество других вопросов и вариантов ответов на них, которые могут привести к успеху проекта или, наоборот, к его провалу.

У каждого проекта специфическая, уникальная (с точки зрения расположения объекта и расположения рынков сбыта СПГ) среда развития, включающая внутренние и внешние факторы, рыночные тренды, внутренние интересы, стратегические приоритеты и многое другое. В связи с этим следует обратить внимание на такие моменты:

- стратегическое использование капитала;
- использование существующей инфраструктуры при расширении действующих заводов для снижения капитальных затрат;
- появление новой волны перепродавцов СПГ, что требует более гибких и конкурентоспособных по цене специальных соглашений;
- рассмотрение локаций потребителей — возможность монетизации газа;
- способность обеспечить гибкость производства и оперативное изменение поставок по мере развития ситуации на рынке;

Мегатестцентр. Монтаж компрессора НД (80 МВт)

двухкорпусного газотурбинного компрессорного агрегата основного хладагента мощностью 160 МВт



Привод компрессорного агрегата SGT5-2000E готовится к испытаниям



- монетизация труднодоступных источников газа;
- расширение выбора партнеров-генподрядчиков (ЕРС);

Компания Siemens прилагает много усилий для того, чтобы проект был успешным и наиболее эффективным с точки зрения затрат. Эффективность реализуемых проектов обеспечивают следующие действия:

- сокращение простоя на техобслуживание;
- достижение максимальной производительности за счет оптимизации использования оборудования;
- снижение капитальных затрат и рисков за счет модульной конструкции основных технологических линий;
- цифровые решения, снижающие стоимость долгосрочного обслуживания;
- разработка оптимальной конструкции в части электротехнического оборудования и в части автоматизации;
- проработка и оценка рисков.

Как показывает практика, более раннее вовлечение основных поставщиков (ОЕМ) является необходимым условием успешной реализации СПГ-проектов. Очень важно включать с самого начала в проектную группу компетентных и надежных партнеров из числа поставщиков ключевого оборудования.

При этом нужно иметь в виду, что для всех поставщиков с зарубежным капиталом важен еще один аспект, специфичный для российских рынков, – требования по локализации производства и технологической или энергетической безопасности. В июне 2015 г. вступил в силу Федеральный закон № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации» от 31.12.2014, который предусматривает комплекс мер, направленных на поддержку промышленности РФ.



В качестве отдельной меры стимулирования установлен принцип приоритета промышленной продукции, произведенной на территории Российской Федерации, перед иностранной продукцией при осуществлении закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд и закупок отдельными юридическими лицами. К ним относятся такие крупнейшие игроки российской нефтегазовой отрасли, как Газпром, Газпромнефть, Роснефть, то есть юридические лица с участием государственного капитала. Помимо мер стимулирования своей промышленности, данный закон также призван решать задачи энергетической и технологической безопасности страны.

Все эти меры так или иначе касаются опять же *цепочки ценностей* любого крупного игрока нефтегазовой сферы Российской Федерации. И, в первую очередь, это актуально для тех компаний, которые строят или уже экс-

🔧 **Компактная ГТЭС
3 x 60 МВт на базе
конвертированного
авиационного ГТД iTrent
на нефтегазовой площадке**



⚙️ **Электропривод
компрессорного агрегата
мощностью 65 МВт
для завода СПГ
в г. Хаммерфест, Норвегия**



Предприятие «Сименс Технологии Газовых Турбин»

- Основано 1 декабря 2011 г. (1991–2011 гг. – ООО «Интертурбо»)
- «Сименс АГ» – 65 %, ОАО «Силовые машины» – 35 %
- 38 000 м² (производственный комплекс 12 700 м², офисное здание 6 500 м²)
- Инвестиции – более 110 млн евро
- 350 сотрудников

платируют крупнотоннажные заводы СПГ, поскольку, например, «сердце» такого завода – компрессорные агрегаты основного хладагента – в России никто не производит.

Для любого проекта СПГ (с государственным участием или без него) важна *защищенность цепочки создания ценностей*. Это термин, который мы вводим в развитие определения *безопасность энергетическая и технологическая*. И если для страны энергетическая безопасность нацелена, в конечном счете, на благосостояние граждан, то для коммерческих организаций справедливо говорить о безопасности бизнеса или о *защищенности цепочки создания*

ценностей. Основные позиции, которые она в себя включает:

- контроль над ресурсной / сырьевой базой;
- надежность выбранной технологии сжижения: она должна быть проверенной и подходить для конкретных климатических условий;
- непрерывность производства, в том числе за счет бесперебойного обслуживания и наличия сервисной базы, обеспеченности запчастями, доступности капремонтов на месте эксплуатации или в непосредственной близости к нему;
- контроль над каналами доставки сырья;
- контроль над каналами доставки товарного СПГ;
- защищенность каналов сбыта – коммерческая и юридическая.

Примером внимания поставщиков основного оборудования к *защищенности цепочки ценностей* заказчика является сотрудничество Siemens с российскими нефтегазовыми компаниями. Так, например, продвигая свою промышленную газовую турбину мощностью 187 МВт на рынок СПГ, компания взяла на

Табл. Рабочие характеристики газовой турбины SGT5-2000E

Параметры	Значение
Мощность турбинной установки, МВт	187
КПД, %	36,2
Удельный расход тепла, кДж/кВт·ч (БТЕ/кВт·ч)	9945 (9427)
Степень повышения давления	12,8
Температура уходящих газов, °С	536
Массовый расход уходящих газов, кг/с	558
Рабочий диапазон, °С	–40...50
Уровень выбросов вредных веществ, ppm	
NO _x для природного газа	≤ 25
CO	≤ 10
Фактические габариты турбоблока	
Масса, т	183
Д x Ш x В, м	10,3 x 4,0 x 4,0

Ротор турбины SGT5-2000E в цехе СТГТ, С.-Петербург



себя и успешно выполнила серьезные обязательства.

Во-первых, газотурбинная установка SGT5-2000E ранее использовалась только для привода электрогенераторов. Для того чтобы заказчики были уверены в работоспособности, эффективности и надежности ГТУ в качестве привода компрессоров основного хладагента больших заводов СПГ, в Дуйсбурге был построен испытательный полигон «Мегатест-центр». Здесь можно провести всесторонние испытания нового оборудования перед отгрузкой. Таким образом, Siemens на деле подтверждает свою готовность обеспечить *защищенность цепочки ценностей* заказчика в части надежности оборудования путем всесторонних испытаний, предоставляя проверенное оборудование для СПГ-проектов.

Во-вторых, для обеспечения требований по локализации (выдвигаемых, в том числе, ПАО «Газпром») в Ленинградской области был построен завод по производству больших газовых турбин «Сименс Технологии Газовых Турбин» (СТГТ). По состоянию на апрель текущего года на заводе произведено и поставлено заказчикам пять турбин SGT5-2000E. Нужно отметить, что в марте был получен Акт экспертизы Торгово-промышленной палаты, подтверждающий, что газовая турбина SGT5-2000E является продуктом (с локализацией в ООО «СТГТ» более 50 %), изготовленным в РФ и не имеющим аналогов на ее территории. Основные характеристики турбины даны в *табл. на стр. 10*.

Продуктовая линейка компании «Сименс Технологии Газовых Турбин» включает следующие типоразмеры ГТУ (параметры указаны в простом цикле):

- SGT5-2000E – 187 МВт, КПД 36,2 %;
- SGT5-4000F – 329 МВт, КПД 40,7 %;
- SGT5-8000H – 425 МВт, КПД > 40 %.

Помимо производства на принципах локализации, ООО «СТГТ» осуществляет собственными силами сервис ГТУ ГТЭ-160/SGT5-2000E и SGT5-4000F. Совместно с коллегами из Siemens AG проводит инженерные работы по проектированию газотурбинных установок новых версий и типоразмеров, а также решает вопросы технического сопровождения собственного производства и обеспечивает поддержку текущей эксплуатации ГТУ в России.

В-третьих, для компрессорных станций газотранспортной системы ПАО «Газпром» компания Siemens организовала в Перми предприятие по производству центробежных компрессоров на основе проверенных конструкций, разработанных на головном предприятии в Дуйсбурге. В 2015 г. было принято решение

о переводе производства из Перми на площадку «СТГТ». Сейчас, в дополнение к ранее освоенному производству корпусов и сборке компрессоров на раме со всеми системами, осваивается выпуск роторов, вводится в строй испытательный стенд открытого цикла. Кроме того, расширилась номенклатура: сейчас она включает компрессоры не только для линейной части газопроводов, но и для газодобывающих и перерабатывающих компаний.

Весной 2018 г. планируется ввести в коммерческую эксплуатацию цех по ремонту и восстановлению турбинных лопаток. Кроме того, создан стратегический склад с необходимым объемом запасных частей газовых турбин, позволяющий незамедлительно обеспечивать эксплуатирующие организации деталями ГТУ с территории РФ.

Продолжая тему локального производства, следует подчеркнуть, что помимо компрессорных и газотурбинных технологий Siemens имеет в России и другие собственные производства, актуальные для нефтегазового комплекса. Здесь выпускается различное электро-техническое оборудование, трансформаторы, электрогенераторы и электромоторы, компоненты и решения для систем автоматизации различного уровня.

Нацеленность Siemens на предоставление заказчикам комплексных и наиболее эффективных решений, накопленный опыт и развитые компетенции делают компанию надежным и предпочтительным партнером в СПГ-проектах с самых начальных стадий:

- наличие надежных и проверенных технологий;
- развитая глобальная организация;
- уникальная развитая сеть локальных производств;
- богатый опыт участия в реализации СПГ и других сложных проектов;
- широчайшая линейка продуктов и решений для отрасли СПГ;
- наличие собственной технологии и запатентованного процесса сжижения газа;
- оптимальная идеология ведения проектов, ориентированная на ценности заказчика.

Представленный подход Siemens позволяет заказчикам формировать уже на самых ранних стадиях проекта комплексные группы с привлечением экспертов компании-производителя. Они должны проанализировать факторы, влияющие на принятие ключевых решений, адаптировать параметры проекта к реальной обстановке и сформировать *защищенную цепочку создания ценностей*, что существенно способствует успешной реализации проекта. **Д**