

# ПРОМЫШЛЕННЫЙ КЛАСТЕР ПРОИЗВОДСТВА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОТРАСЛИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ



Ассоциация развития возобновляемой энергетики (АРВЭ) — некоммерческая организация, представляющая интересы участников сектора возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России. АРВЭ ведёт деятельность по формированию благоприятного инвестиционного климата и популяризации использования ВИЭ.

Ассоциация стремится объединить широкий круг заинтересованных сторон, включая генерирующие компании, девелоперов проектов ВИЭ, производителей и поставщиков оборудования, научно-исследовательские центры и финансовые институты, чтобы совместными усилиями сформировать надёжную институциональную среду и эффективную инфра-

структуру для реализации инвестиционных проектов в секторе возобновляемых источников энергии.

АРВЭ принимает активное участие в разработке и подготовке заключений по проектам законодательных и нормативных актов, распоряжений, приказов, инструкций и иных нормативно-правовых документов, касающихся развития сектора возобновляемой энергетики в Российской Федерации. Ассоциация представляет интересы своих членов и участвует в процессе выработки решений в рамках определения государственной политики в сфере ВИЭ, а также взаимодействует с инфраструктурными организациями энергетической отрасли для обеспечения представительства АРВЭ в их органах управления.

## ЧЛЕНЫ АРВЭ



## ПАРТНЕРЫ АРВЭ





# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>2</b>	<b>ПРОГРАММА ПОДДЕРЖКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ – ДРАЙВЕР ДЛЯ РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КЛАСТЕРА ПРОИЗВОДСТВА</b>	<b>38</b>	<b>ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА SIEMENS GAMESA</b>
<b>4</b>	<b>ПРОИЗВОДСТВО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ</b>	<b>42</b>	<b>ПРОИЗВОДСТВО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ</b>
12	ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГК «ХЕВЕЛ»	46	ЗАКЛЮЧЕНИЕ
15	ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ООО «ХЕЛИОС-РЕСУРС»	48	СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ
16	ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ООО «СОЛАР КРЕМНИЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»	49	КОНТАКТЫ
18	ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ		
<b>22</b>	<b>ПРОИЗВОДСТВО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ</b>		
26	ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЕТРОУСТАНОВОК VESTAS		
28	ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ООО «ВЕСТАС МЭНЬЮФЭКЧУРИНГ РУС»		
30	ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ООО «БАШНИ ВРС»		
32	ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЕТРОУСТАНОВОК LAGERWEY (ENERCON)		
35	ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ООО ВЕТРОСТРОЙДЕТАЛЬ		

# ПРОГРАММА ПОДДЕРЖКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ — ДРАЙВЕР ДЛЯ РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КЛАСТЕРА ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Одной из основных целей программы поддержки ВИЭ<sup>1</sup> в России (ДПМ ВИЭ), наряду с выполнением международных обязательств по ограничению выбросов парниковых газов, является создание отечественной инновационной энергомашиностроительной индустрии для возобновляемой энергетики. С 2009 года в Основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования ВИЭ<sup>2</sup> определены цели и принципы использования возобновляемых источников энергии. Базовым элементом обозначено развитие локального производства высокотехнологичного генерирующего и вспомогательного оборудования. Приоритетными задачами государственной политики в области ВИЭ являются вовлечение инновационных наукоёмких технологий и решений в энергетическую сферу и развитие локального производства высокотехнологичного генерирующего и вспомогательного оборудования. К ним также относятся трансфер инновационных технологий возобновляемой энергетики и создание компетенций в области проектирования, строительства и эксплуатации объектов генерации ВИЭ.

Экономические стимулы для изготовления на территории Российской Федерации основного и вспомогательного генерирующего оборудования, применяемого при производстве электрической энергии с использованием ВИЭ, легли в основу политики в сфере развития генерации на основе ВИЭ. Подход государства к решению задачи формирования отечественной инновационной энергомашиностроительной индустрии для возобновляемой энергетики заключается в налаживании эффективного сотрудничества российской промышленности и науки с крупными международными промышленными компаниями. Последние обеспечивают трансфер технологий и организуют в России процесс изготовления оборудования ВИЭ с максимальным вовлечением отечественных производителей. Учитывая постоянно растущий мировой спрос на решения для генерации

ВИЭ<sup>3</sup>, производственный кластер, создаваемый в настоящее время, имеет все шансы сыграть важную роль в переформатировании российского экспорта за счёт увеличения в нём доли инновационного оборудования с большой добавленной стоимостью.

В качестве стимула для развития отечественного производства в рамках программы поддержки предусмотрены целевые показатели степени локализации оборудования, используемого при строительстве электростанций. Их невыполнение грозит инвестору серьёзным штрафом<sup>4</sup>. Таким образом, сегодня рассчитывать на участие в программах поддержки ВИЭ в России, то есть получать возможность гарантированного возврата инвестиций с учётом определённой доходности, могут лишь компании, способные подтвердить степень локализации оборудования, используемого при строительстве такого объекта. Требования достаточно жёсткие: на текущий момент — от 65 до 70 % в зависимости от вида генерации (рис. 1). В течение первых четырёх лет реализации программы (с 2013 по 2017 год) это было определённым барьером для активного старта инвестиционных проектов. Несколько лет потребовалось российским компаниям, чтобы сформировать консорциумы, в рамках которых генераторы, инвесторы и производители оборудования оказались готовы брать на себя обязательства по локализации для реализации крупных инвестиционных проектов в рамках программы ДПМ ВИЭ.

Результатом политики стимулирования, заложенной в 2013 году, стало создание полноценного кластера энергетического машиностроения в отрасли ВИЭ. В настоящее время реализованы успешные проекты, направленные на создание производства наукоёмкого энергетического оборудования. Функционируют и развиваются предприятия по изготовлению высокотехнологичных компонентов оборудования для генерирующих объектов солнечной, ветровой энергетики и малых гидроэлектростанций.

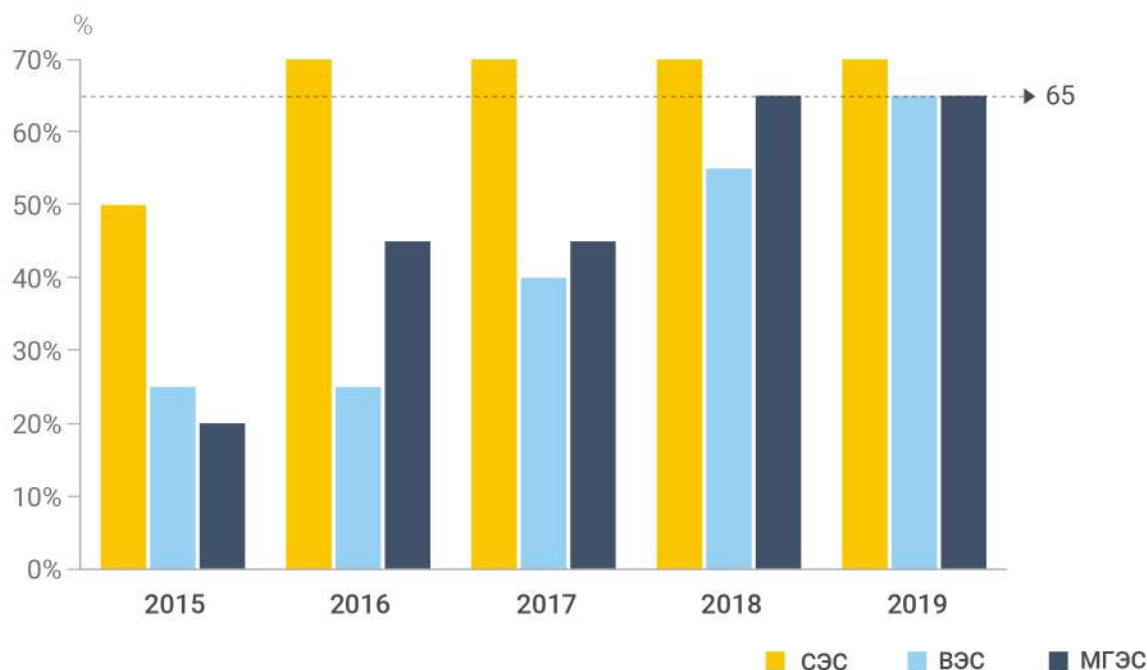
<sup>1</sup> Регулируется постановлением Правительства РФ №449 от 28.05.2013

<sup>2</sup> Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 г. №1-р

<sup>3</sup> В течение ближайших десяти лет прогнозируется его рост на 30%

<sup>4</sup> Штрафные коэффициенты в размере 65 % — для СЭС, и 55 % — для ВЭС и ГЭС применяются к заявленной на конкурс величине капитальных вложений, которая используется для расчета цены на мощность.

Требования по степени локализации генерирующего объекта (Рис. 1)



Источник: Распоряжение Правительства РФ 1-р

Важным инструментом для скорейшего разворачивания программ локализации в сфере ветроэнергетики стал механизм специального инвестиционного контракта (СПИК). Наличие СПИК позволяет инвестору получить льготы по налогам на прибыль, имущество, по транспортному налогу в течение периода действия контракта, а также может служить основанием для подтверждения страны происхождения элементов оборудования<sup>5</sup>.

#### В сфере ветроэнергетики было заключено четыре СПИК:

ООО «Вестас Мэньюфэкчуринг Рус» — создание и освоение производства не имеющих аналогов в Российской Федерации лопастей ветроэнергетической установки (промышленная продукция) по адресу: Ульяновская область, г. Ульяновск, проспект Антонова, д. 1 (АО «Аэрокомпозит-Ульяновск»);

ООО «ВетроСтройДеталь» — создание и освоение промышленного производства модульных стальных башен для ветроэнергетических установок мощностью от 2,5 МВт по адресу: Ростовская область, г. Волгодонск, ул. 9-я Заводская, д. 11;

ООО «Виндар Рус» — создание и освоение производства не имеющих аналогов, изготовленных в Российской Федерации стальных башен в составе

комплексной поставки ветроэнергетической установки по адресу: Ростовская область, г. Таганрог, ул. Ленина, д. 220;

АО «НоваВинд» — сборочное производство компонентов ВЭУ в рамках реализации проекта «Строительство ветряной электростанции (ВЭС) 610 МВт и завода ВЭУ» по адресу: Ростовская область, г. Волгодонск, Жуковское шоссе, д. 10 (корпус № 4 Волгодонского филиала АО «Инжиниринговая компания «АЭМ-технологии»» (АО «Атомэнергомаш»)).

#### В августе 2019 года заработал обновлённый механизм специальных инвестиционных контрактов — СПИК 2.0<sup>6</sup>. Согласно новым правилам:

уточняется предмет СПИК — контракты можно будет заключать под разработку и организацию производства современных технологий, перечень которых должно утвердить правительство;

снимается минимальный порог по объёму инвестиций (ранее он составлял 750 млн рублей);

максимальный срок контракта продлён до 20 лет;

вводится конкурсная процедура отбора инвесторов (с рядом исключений, когда конкурс не требуется).

<sup>5</sup> Согласно п. 21 Правил квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии (утв. Постановлением Правительства РФ от 03.06.2008 № 426), подтверждение страны происхождения элементов оборудования (оборудования в сборе), использованных при строительстве генерирующего объекта, функционирующего на основе применения возобновляемых источников энергии, и выполнения работ на территории Российской Федерации при проектировании и строительстве генерирующего объекта может быть проведено на основании специального инвестиционного контракта.

<sup>6</sup> Соответствующие изменения были внесены в Федеральный закон «О промышленной политике в Российской Федерации» (ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О промышленной политике в Российской Федерации» в части регулирования специальных инвестиционных контрактов» от 02.08.2019 № 290-ФЗ).



# ПРОИЗВОДСТВО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ









## ПРОИЗВОДСТВО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Производственные проекты в секторе солнечной энергетики (Рис. 2)

ПРОИЗВОДИТЕЛЬ	ВИД ПРОДУКЦИИ	ПЛОЩАДКА	ОБЪЕМ ПРОИЗВОДСТВА	ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ	КОЛ-ВО РАБОЧИХ МЕСТ
 <b>XEBEL</b> ГРУППА КОМПАНИЙ	<b>Гетероструктурные фотозлектрические модули</b>	Новочебоксарск, Республика Чувашия	2015 – 100 МВт/год 2019 – 260 МВт/год 2020 – 340 МВт/год	2015 г., в 2017 г. проведена модернизация	700
 <b>HELIOS</b> RESOURCE	<b>Мультикристаллические-кремниевые слитки и пластины</b>	Мытищи, Московская область; Саранск, Республика Мордовия	180 МВт/год	2014 г.	315
 <b>Солар Кремниевые Технологии</b>	<b>Моно- и мультикристаллические кремниевые слитки и пластины</b>	Подольск, Московская область	200 МВт/год	2016 г.	525

Источник: данные компаний.

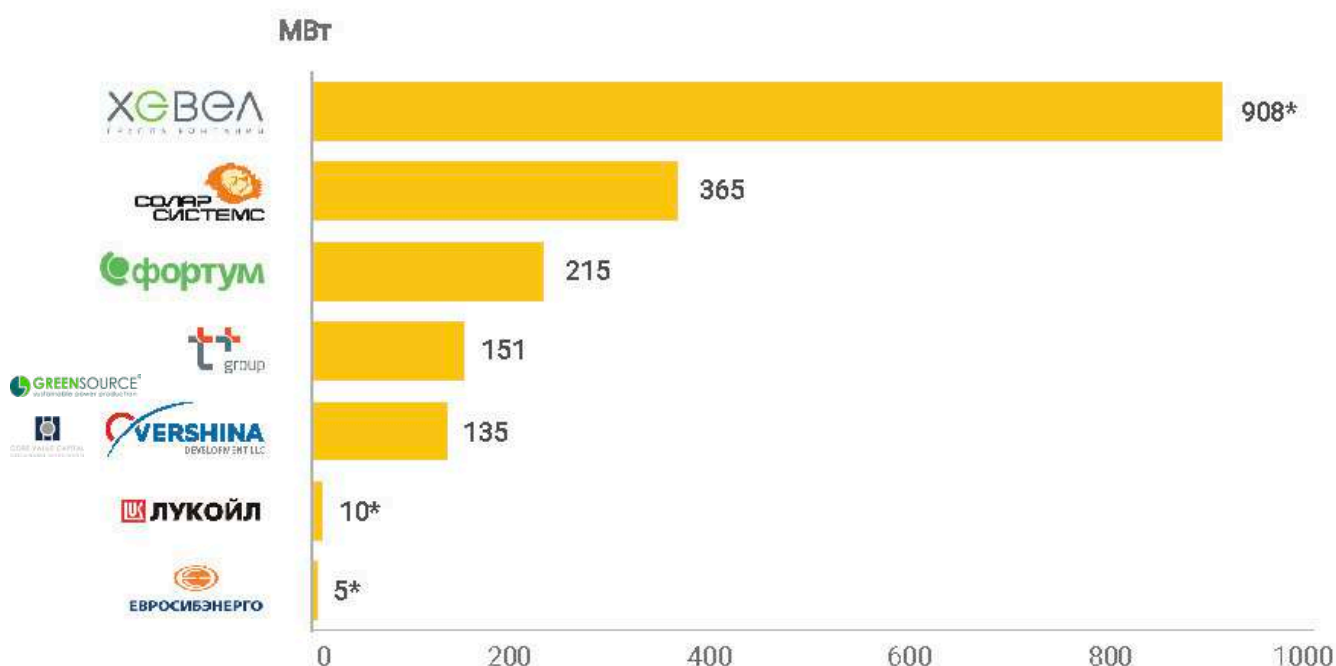
В секторе солнечной энергетики производственные проекты были запущены к моменту первых вводов объектов генерации. Условия, заложенные в первоначальной редакции программы поддержки ВИЭ для солнечных электростанций, не потребовали существенных корректировок и оказались достаточно сбалансированными, чтобы привлечь инвесторов начиная с первых отборов проектов ВИЭ<sup>7</sup> (рис.3). Участники рынка реализовали различные подходы к локализации производства

оборудования для СЭС. В проектах вендоров локализованы отдельные передель технологической цепочки производства (рис. 2). Строительные и инженерные компетенции были освоены всеми компаниями, осуществляющими строительство СЭС. На первом этапе развития производственных программ активно использовался трансфер иностранных технологий. Сегодня производители либо уже осуществили модернизацию для перехода на технологии нового поколения, либо планируют

<sup>7</sup> Конкурсный отбор инвестиционных проектов по строительству генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии, проводится коммерческим оператором оптового рынка ежегодно начиная с 2013 года.



### Распределение инвестиционных проектов СЭС (ДПМ ВИЭ) (Рис. 3)

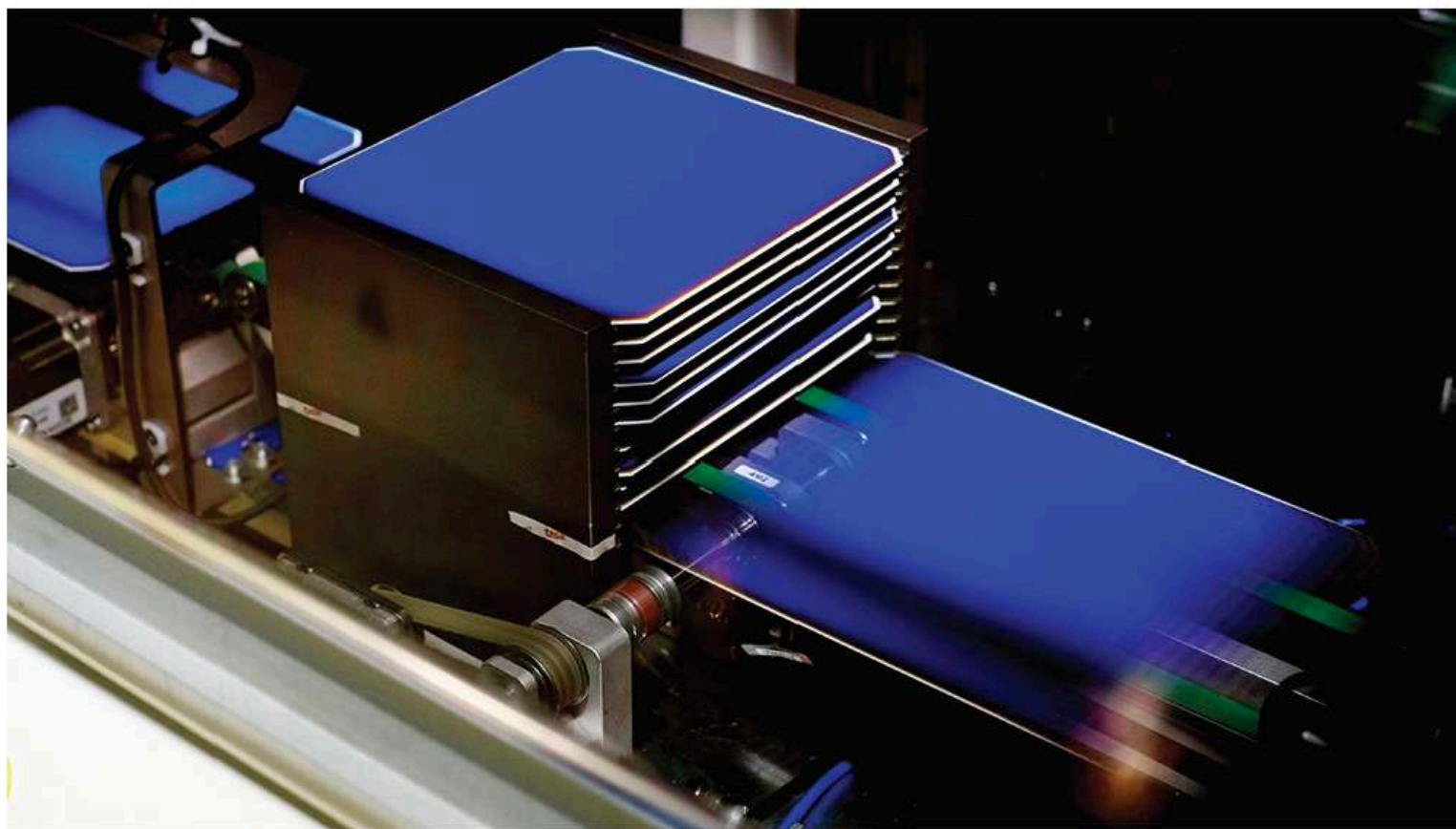


Источник: НП «Совет рынка» (Реестр квалифицированных генерирующих объектов ВИЭ), СО ЕЭС, АТС.

\*Группа компаний «Хевел» продала 35 МВт в адрес ПАО «Фортум» и 10 МВт в адрес ООО «Лукойл Волгоградэнерго» (НК «Лукойл»).

это сделать, для чего используют в том числе потенциал российской науки. На данный момент на рынке локализованного оборудования для солнечной энергетики представлено несколько тех-

нологий: моно- и мультикристаллический кремний, тонкоплёночная (на основе аморфного кремния) и гетероструктурная (HJT) технологии. Сейчас в России уже функционирует более 1200 МВт солнечных



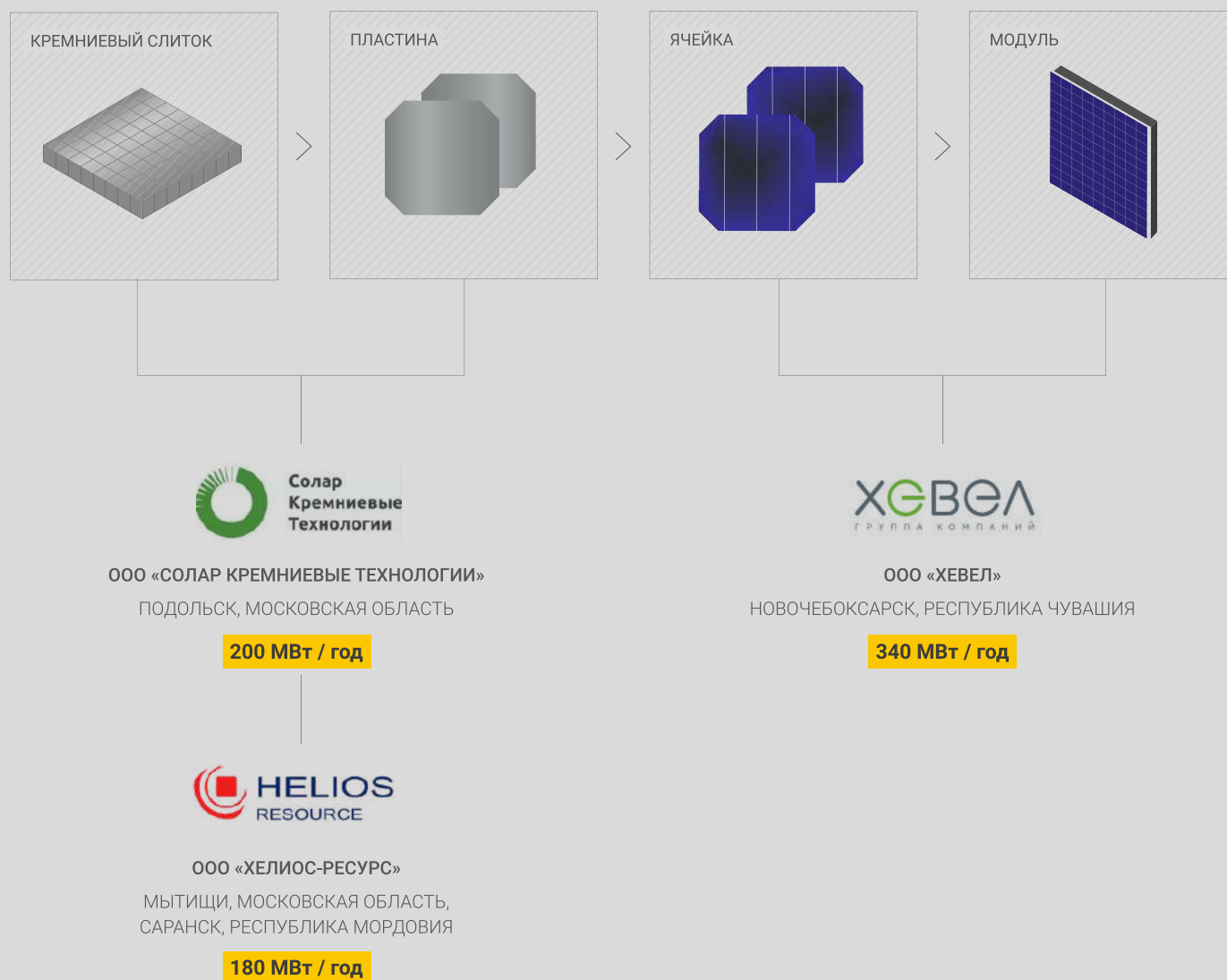
Производство солнечных ячеек на заводе ГК «Хевел» (г. Новочебоксарск)

электростанций, построенных в рамках текущей программы поддержки ВИЭ, а к 2024 году это число превысит 2000 МВт. Текущий производственный потенциал созданных заводов в российском секторе фотоэлектрического оборудования на данный момент превышает 700 МВт/год.

Основными производителями генерирующего оборудования для СЭС в России выступают: ГК «Хевел», ООО «Солар Кремниевые технологии» и ООО «ХЕЛИОС-Ресурс» (рис. 4). Можно также выделить научно-производственные компании, которые не участвуют в программах стимулирования локализации оборудования ВИЭ: АО «Теле-

ком-СТВ» (г. Зеленоград), АО «Рязанский завод металлокерамических приборов» (г. Рязань), ПАО «Сатурн» (г. Краснодар), АО «НПП "Квант"» (г. Москва). Эти предприятия с собственной развитой научной базой и, как правило, с многолетней историей в своё время создавались для нужд космической отрасли и военно-промышленного комплекса. Сейчас здесь производится небольшое количество фотоэлектрического оборудования для специальных применений. Предприятия также реализуют продукцию для частных потребителей и небольших проектов солнечных электростанций для автономной генерации, для которых не требуется подтверждения локализации.

#### Основные переделы технологической цепочки производства ФЭМ и их локализация (Рис. 4)







Участок по сборке фотоэлектрических модулей на заводе ГК «Хевел» (г. Новочебоксарск)

ПАО «Сатурн» занимается разработкой, изготовлением и испытаниями солнечных батарей, включая фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) для специальных применений. Эти устройства эксплуатируются на всех типах околоземных орбит и в условиях дальнего космоса. Разработкой и изготовлением солнечных элементов и батарей космического назначения предприятие занимается с 1971 года. ПАО «Сатурн» владеет собственной технологией производства кремниевых ФЭП монокристаллической структуры.

АО «Телеком-СТВ» основано в 1991 году сотрудниками ведущих предприятий микроэлектроники г. Зеленограда. Основная специализация — электронное материаловедение, полупроводниковые технологии. Предприятие владеет технологией производства высококачественных кремниевых пластин диаметром до 150 мм для микроэлектроники и фотовольтаики, а также высокоэффективных солнечных элементов и солнечных модулей на их основе.

АО «Рязанский завод металлокерамических приборов» (АО «РЗМКП») было основано в 1963 году. В настоящее время предприятие сосредоточено на выпуске герметизированных магнитоуправляемых контактов (герконов) для оснащения космической, авиационной,

телекоммуникационной техники. В 2008 году на РЗМКП установлена автоматизированная линия по производству солнечных модулей с годовым объёмом выпуска около 60 тыс. единиц в год (производитель — компания Spire Corporation, США). На предприятии осуществляются: тестирование и сортировка солнечных элементов, пайка ФЭП в цепь и сборка блока, ламинирование модуля, обрамление и монтаж соединительной коробки, а также тестирование готовых фотоэлектрических модулей (ФЭМ) и контроль качества.

АО «НПП «Квант»» входит в госкорпорацию «Роскосмос». Предприятие разрабатывает и изготавливает солнечные элементы на основе различных полупроводниковых материалов. Начиная с третьего искусственного спутника Земли, запущенного 15 мая 1958 года, все отечественные космические аппараты оснащались солнечными батареями, которые были спроектированы и произведены НПП «Квант». На предприятии изготавливаются ФЭМ на основе монокристаллического кремния и многокаскадных фотоэлектрических преобразователей с использованием сложных полупроводниковых материалов, гибких тонкоплёночных солнечных батарей из аморфного кремния.



## ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГК «ХЕВЕЛ»

ГК «Хевел» — Гетероструктурные ФЭМ

Мощность завода: 160 МВт / год (2017) → 260 МВт / год (2019) → 340 МВт / год (2020)

Персонал: 700 человек

Запуск — 2015 г., модернизация производства — 2017 г.

📍 НОВОЧЕБОКСАРСК, РЕСПУБЛИКА ЧУВАШИЯ

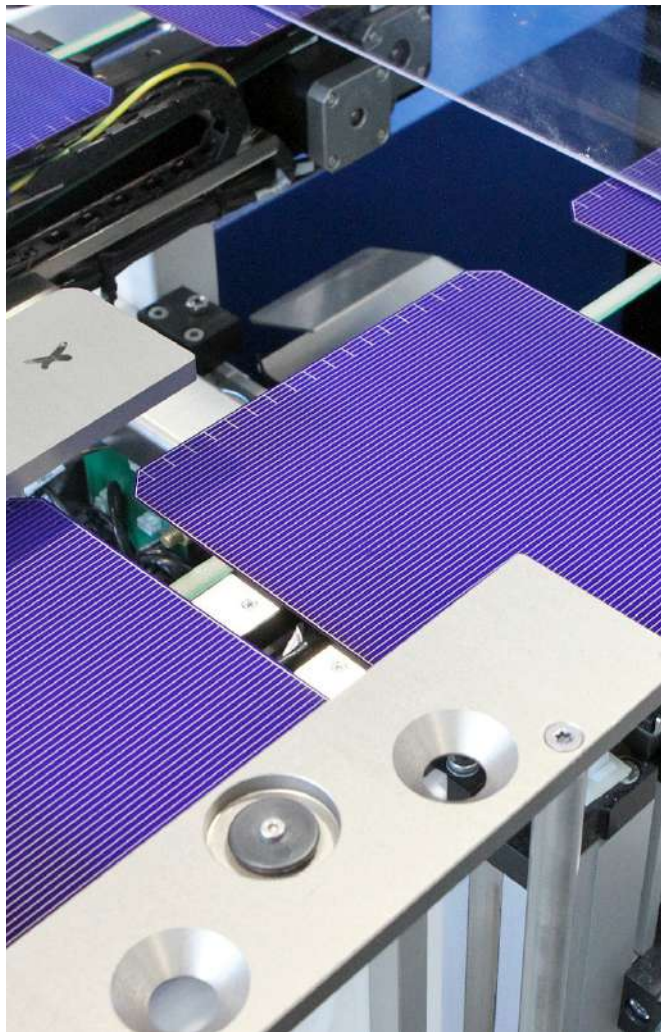


Участок химической обработки и текстурирования пластин кремния на заводе ГК «Хевел» (г. Новочебоксарск)

ГК «Хевел» является крупнейшей в России вертикально интегрированной компанией в отрасли солнечной энергетики. В её структуру входят следующие подразделения: завод по производству солнечных модулей в Новочебоксарске (Чувашская Республика), дивизион «Инжиниринг и генерация» по проектированию, строительству и эксплуатации

солнечных электростанций, Научно-технический центр тонкоплёночных технологий в энергетике (г. Санкт-Петербург). Первый завод «Хевел» был запущен в Новочебоксарске в 2015 году. Предприятие предназначалось для выпуска солнечных модулей по технологии тонких плёнок аморфного кремния a-Si компании Oerlikon Solar (Швейцария). Проектная





Контроль параметров и сортировка гетероструктурных ячеек на заводе ГК «Хевел» (г. Новочебоксарск)

мощность завода составляла 97,5 МВт/год. Объем инвестиций на первом этапе был равен 20,1 млрд рублей.

С 2017 года на заводе «Хевел» началось производство солнечных фотоэлектрических модулей по собственной гетероструктурной технологии (HJT)<sup>8</sup> (рис. 5).

Ключевыми преимуществами гетероперехода являются высокий КПД и стабильность параметров, что позволяет обеспечивать высокое качество конечной продукции. Таким образом, достигаются<sup>9</sup>:

- до 10 % повышенной выработки на квадратный метр площади благодаря низкому температурному коэффициенту;
- до 13 % — более эффективное использование площади и экономия на комплектующих;
- до 21 % прироста совокупной выработки на протяжении всей жизни модуля за счёт низкой деградации.

Первоначально мощность завода составляла 160 МВт. В 2019 году объем выпуска солнечных модулей был увеличен до 260 МВт/год за счёт пуска второй линии производства. С 2020 года производственная мощность составляет 340 МВт/год (рис. 6).

## Цикл производства солнечных ячеек и модулей ГК «Хевел» (Рис. 5)

### ПРОИЗВОДСТВО ГЕТЕРОСТРУКТУРНЫХ ЯЧЕЕК



### СБОРКА СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ



<sup>8</sup> Гетероструктурная технология (HJT) – гибридный кристаллический и тонкопленочный модуль: на монокремниевую пластину с двух сторон напыляется аморфный кремний. Ключевые преимущества технологии: отсутствие деградации типов PID (Potential Induced Degradation) и LID (Light Induced Degradation); низкий температурный коэффициент; легко реализуемая двусторонность ячеек.

<sup>9</sup> По сравнению с монокремниевыми модулями аналогичной мощности.

Основной объём всех производимых ГК «Хевел» солнечных модулей — приблизительно 70 % — идёт на строительство крупных солнечных электростанций (мощностью от 1 до 100 МВт) в России и Казахстане. Ещё около 20 % — на СЭС (небольшая мощность — 15–200 кВт), которые снижают расходы на электроэнергию для бизнеса, инфраструктурных и про-

мышленных объектов, а также в сельском хозяйстве. Примерно 5 % покупают владельцы частных домов и предприниматели. Оставшиеся 5 % экспортируются в европейские и азиатские страны.

Развитие технологической платформы производства ГК «Хевел» (Рис.6)



Источник: АРВЭ, данные компании.

Научно-технический центр тонкоплёночных технологий в энергетике (НТЦ) был открыт в 2012 году в Санкт-Петербурге. Основной целью создания НТЦ было проведение научно-исследовательских работ, направленных на повышение качества тонкоплёночных солнечных модулей на основе аморфного и микрокристаллического кремния. На основе созданного научно-производственного консорциума в составе академического института, научно-технического центра, завода и производств по проектированию и строительству солнечных электростанций осуществлен трансфер результатов исследований и разработок в промышленное производство солнечных модулей.

Начат экспорт отечественной наукоемкой продукции. В рамках дальнейшего повышения эффективности и снижения себестоимости гетероструктурной технологии НТЦ сотрудничает с немецким институтом Fraunhofer, французским Национальным институтом солнечной энергетики (INES), а также со швейцарской лабораторией Института микроинжиниринга в фотовольтаике и тонкоплёночных технологиях (IMT). ячеек большего размера, изготовленных на основе кремниевых пластин типоразмера M2+<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> Стандартными международными типоразмерами кремниевых пластин, используемых в процессе производства солнечных элементов, являются: M1 (156,75 x 156,75 / 205 мм — диаметр слитка кремния), M2 (156,75 x 156,75 / 210 мм), M3 (158.75 x 158.75 мм), M4 (161.7 x 161.7 / 211 мм), M5 (165 x 165 мм), M6 (166 x 166 / 223 мм) и M12 (210 x 210 / 295 мм).



## ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ООО «ХЕЛИОС-РЕСУРС»

ООО «Хелиос-Ресурс» — мультикристаллические кремниевые слитки и пластины

Мощность завода: 180 МВт / год

Персонал: 315 человек

Запуск — 2014 г.

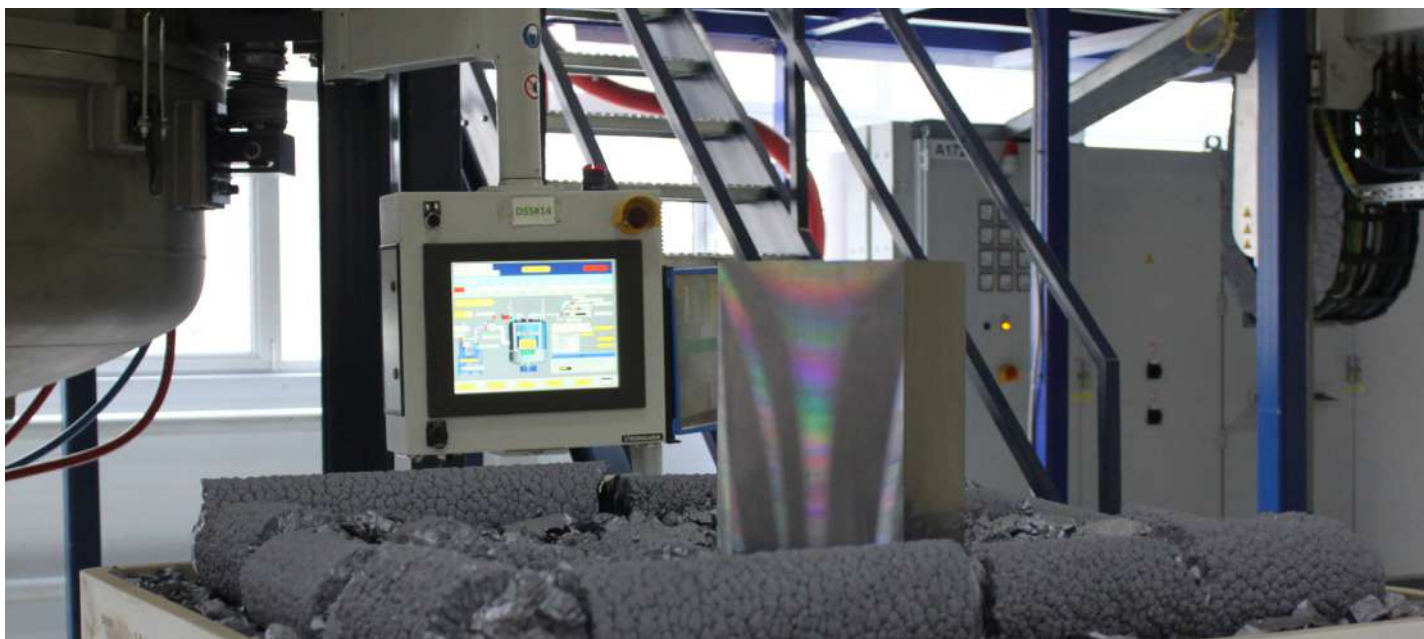
📍 **МЫТИЩИ, МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ**

📍 **САРАНСК, РЕСПУБЛИКА МОРДОВИЯ**

ООО «ХЕЛИОС-Ресурс» — производитель мультикристаллических кремниевых слитков и пластин. В 2014 году компания начала выпуск мультикристаллических кремниевых пластин на производственной площадке в г. Мытищи Московской области. Объем производства продукции составлял 60 МВт. Позже развитие получила площадка в г. Саранске (Республика Мордовия). Благодаря этому общий объем производства компании достиг 180 МВт в год.

ООО «ХЕЛИОС-Ресурс» использует сверхпроизводительную технологию роста кристаллов по методу направленной кристаллизации. Такое решение компании позволяет получать мультикристаллический кремний высокой чистоты, из которого в дальнейшем производятся солнечные модули с КПД, соответствующим мировым стандартам.

Часть сырья для производства кремниевых пластин закупается, а часть приходит на вторичную переработку. При производстве кремниевые отходы загружают в керамическую емкость и отправляют в печи, где при высокой температуре и под давлением вырастает слиток мультикристаллов кремния. На следующем этапе слиток распиливают на блоки, и после диагностики кремниевые блоки режут на пластины (по преимущественно алмазной технологии резки), толщина которых составляет 0,18 мм. В дальнейшем полученные кремниевые пластины используются для производства солнечных модулей другими производителями. Компоненты используются в строительстве солнечных электростанций и за пределами России: в частности, завод экспортирует продукцию в Китай.



Завод по производству мультикристаллических слитков и пластин «ХЕЛИОС-Ресурс» (г. Саранск)

## ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ООО «СОЛАР КРЕМНИЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

ООО «Солар Кремниевые технологии» — моно- и мультикристаллические слитки и пластины

Мощность завода: 200 МВт / год

Персонал: 525 человек

2016 г.

📍 ПОДОЛЬСК, МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ



Печи роста мультикремниевых слитков на заводе «Солар Кремниевые технологии» (г. Подольск)

Другим крупным игроком в секторе производства компонентов фотоэлектрических модулей является ООО «Солар Кремниевые технологии». Компания изготавливает кремниевые пластины, которые используются при создании фотоэлектрических модулей, поставляемых на генерирующие объекты ООО «Солар Системс» и на ряд объектов других участников рынка ВИЭ в РФ.

В 2016 году ООО «Солар Кремниевые технологии» организовало современное предприятие по выпуску кремниевых пластин моно- и мультикристаллической структуры объёмом 200 МВт в год для высокоэффективных ФЭМ. На заводе компании в Подольске создано 525 рабочих мест. Основным продуктом производства являются моно- и мультикристаллические кремниевые пластины мощностью 4,45–5,0 Вт. На предприятии реализованы процессы изготовления слитков моно- и поликремния и кремниевых пластин на их основе. Процессинг кремние-

вых пластин в фотоэлектрические преобразователи и сборка модулей осуществляются в Китае в рамках стратегического Соглашения о сотрудничестве на мощностях Suntech Power, одного из ведущих мировых производителей солнечных модулей (мощность — 4,5 ГВт единиц в год).

Объём инвестиций в создание производства в Подольске составил более 3 млрд рублей. Кремниевые пластины соответствуют высоким стандартам качества и удовлетворяют требованиям для производства фотоэлектрических модулей различных модификаций, в том числе производимых по технологии PERC<sup>11</sup>. Производственная площадка ООО «Солар Кремниевые технологии» находится на территории бывшего Подольского химико-металлургического завода (ПХМЗ), расположенного в г. Подольске Московской области.

<sup>11</sup> Технология PERC (Passivated Emitter Rear Cell) увеличивает КПД солнечного элемента за счёт дополнительного преобразования длинноволнового спектра света (инфракрасный диапазон) благодаря отражению от слоя диэлектрика на тыльной стороне элемента.



## ИСТОРИЯ ЗАВОДА ПХМЗ

ООО «Солар Кремниевые технологии» — современное производственное предприятие по выпуску кремниевых пластин монокристаллической и мультикристаллической структуры, из которых далее изготавливаются высокоэффективные фотоэлектрические преобразователи и модули (ФЭП и ФЭМ) объемом 200 МВт в год.

Производственная площадка ООО «Солар Кремниевые технологии» находится на территории бывшего Подольского химико-металлургического завода (ПХМЗ), имеющего богатую историю работы в сфере кремниевых технологий, начавшуюся ещё с 50-х годов прошлого столетия. В начале 2000-х годов ПХМЗ входил в тройку мировых лидеров по производству слитков монокристаллического кремния. Однако к 2014 году производственный персонал завода был распущен, часть специалистов эмигрировали в Германию, но большая часть сменила сферу деятельности. Новая история завода ПХМЗ начинается в 2016 г. с покупки площадки завода ООО «Солар Кремниевые технологии». В целях реализации полного технологического цикла по выпуску продукции в течение 2016 г. здесь было закуплено и установлено современное производственное оборудование ведущих мировых производителей. В начале 2017 г. были завершены все наладочные работы на оборудовании и инженерных сетях, и во втором квартале 2017 г. начался выпуск и отгрузка готовой продукции для нужд основного партнера компании — ООО «Солар Системс». По состоянию на начало 2019 г. объем частных инвестиций в модернизацию производства составил сумму более 3 млрд рублей.

**1968–1984 гг.** — ПХМЗ выпускает пластины карбида кремния для светодиодов, эпитаксиальные кремниевые структуры типов pp+, pn+, nn+, pn для микроэлектроники, диффузные p-n-переходы на кремниевых пластинах для производства мощных выпрямителей и транзисторов.

**1980-е гг.** — на ПХМЗ запущено крупнейшее в СССР производство поликристаллического кремния (300 т/год). Начал работать цех роста слитков кремния мощностью 50 МВт/год. В то время численность сотрудников ПХМЗ достигла 3500 человек.

**1990-е гг.** — спрос на продукцию завода падает, объём производства снижается вдвое. ПХМЗ начинает искать новые рынки и переходит к изготовлению ФЭП.

**2001–2005 гг.** — ПХМЗ переключается на зарубежных потребителей в Германии и Японии и выходит на позицию в тройке лидеров в мире по производству слитков монокристаллического кремния для солнечной энергетики с долей 15 %. Однако в связи с кризисом в отрасли изготовление поликремния остановили в 2000-х годах, а кремниевых слитков и пластин — в 2012-м.

**В 2016 году** промышленная площадка ПХМЗ была выкуплена ООО «Солар Кремниевые технологии».

## ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Запуск крупных производственных проектов в секторе фотоэлектрического оборудования влечёт за собой развитие локальных сетей поставок дополнительного оборудования и комплектующих. Это стимулирует российских производителей электротехнических решений осваивать новые линейки продукции для солнечных электростанций. Изготовление вспомогательного оборудования часто осуществляется совместно с иностранным технологическим партнёром, что позволяет в короткие сроки отладить локальные технологические процессы на российских производственных площадках, начать выпуск продукции, соответствующей международным стандартам. Использование оборудования российского производства увеличивает общий процент локализации решений для СЭС за счёт дополнительных компонентов<sup>12</sup>. Это тоже служит стимулом для инвесторов применять не только основное генерирующее оборудование, но и дополнительные компоненты, произведённые в России.

Локализацию производства инверторов для солнечных станций на уровне сборочных операций осуществляют несколько российских и иностранных компаний. При этом на действующих производственных площадках предприятий в России налажена сборка блочно-модульных установок для солнечных электростанций, обеспечивающих преобразование вырабатываемого солнечными панелями постоянного тока в переменный на базе локализованного инверторного оборудования зарубежных производителей. Изготовление инверторов для СЭС на территории РФ осуществляют:

- ООО «Спутник-Интеграция» (г. Пермь) — инверторы Shenzhen Hopenwind Electric. ООО «Спутник-Интеграция» освоило выпуск инверторного оборудования для солнечных станций ещё в 2015 году. Первыми проектами, для которых были поставлены инверторные решения, стали Бугульчанская и Бурибаевская СЭС (Башкортостан) общей мощностью 35 МВт. На сегодняшний день предприятием осуществляются поставки инверторных станций для ГК «Хевел», в том числе для Чкаловской (30 МВт), Григорьевской (10 МВт) и Елшанской (25 МВт) СЭС в Оренбургской области. Общая мощность поставленного для ГК

«Хевел» инверторного оборудования превысила 100 МВт. Кроме инверторных станций, ООО «Спутник-Интеграция» осуществляет поставку главных распределительных устройств, коммутационных коробок постоянного тока и терминальных коробок. Специалистами компании также была разработана система управления солнечной электростанцией;

- ООО «ПК Электрум» (г. Самара) выполняет поставки блочно-модульных инверторных установок (БМИУ) на базе технологии Hopenwind. Одним из проектов стала крупнейшая в РФ СЭС — Старомарьевская солнечная электростанция в Ставропольском крае (100 МВт) компании ООО «Солар Системс». Для этой СЭС ООО «ПК Электрум» было изготовлено и установлено 30 БМИУ;

- ООО «Парус электро» (г. Москва) — производитель и поставщик систем бесперебойного питания под брендом «Связь инжиниринг». Компания изготавливает сетевые инверторы, источники бесперебойного питания (ИБП) переменного и постоянного тока, аккумуляторные батареи, телекоммуникационные шкафы, энергосберегающее светодиодное освещение. Сотрудничает с Shenzhen Kstar Science and Technology;

- ЗАО «МНПО “Энергоспецтехника”» (г. Москва) выпускает устройства преобразования и распределения электроэнергии для солнечных электростанций. Номенклатура изделий включает в себя комплектные трансформаторные подстанции с инверторным преобразователем постоянного тока (КТП ГИ PV Box «Энерго») единичной мощностью 2000–2500 кВА, а также блочный комплектный распределительный пункт (10 кВ);

- ЗАО «ГК “Электроцит” — ТМ Самара» (г. Самара) — один из крупнейших производителей электротехнического оборудования. Принадлежит французской компании Schneider Electric. Осуществляет поставки блочно-модульных инверторных станций (PV Box) в рамках проекта локализации производства электротехнического оборудования Schneider Electric для российского рынка.

<sup>12</sup> Согласно Приложению № 2 к Правилам квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии (Постановление Правительства РФ от 03.06.2008 № 426), 5 % вклада в локализацию обеспечивают сборка и подключение преобразователей тока (инверторов), 3 % — проводка и электрическое оборудование.



Поставки коммутационных шкафов постоянного тока (КШПТ) осуществляют такие российские предприятия, как: ООО «ЗИТ» (Чувашская Республика); ООО «МИР ИТ» (г. Москва); ООО «НПО "Сибэлектрощит"» (г. Омск); ООО НПП «ЭКРА» (г. Чебоксары); ООО «Про-Ток» (г. Красноярск); ООО «Спутник-Комплектация» (г. Пермь). Солнечный кабель поставляют ООО «Томский кабельный завод» (г. Томск) и ТД «Ункомтех» (АО «Иркутсккабель», АО «Кирскабель»). Опорные и поворотные конструкции для уста-

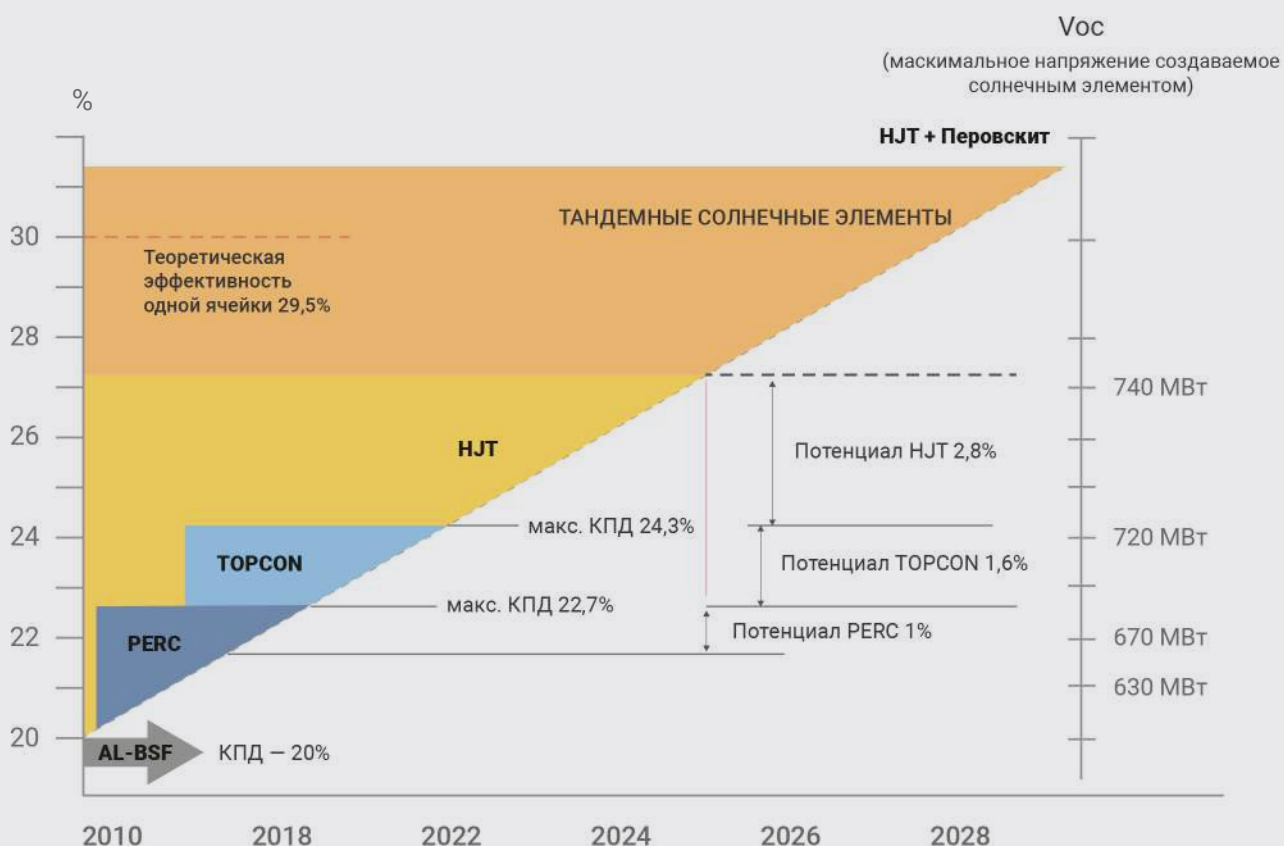
новки солнечных модулей производятся в России. Например, компания Mounting Systems (Германия) локализовала производство опорных и поворотных конструкций в Санкт-Петербурге и осуществляет поставки на проекты СЭС ООО «Вершина Девелопмент». Поставщиками опорных конструкций для СЭС также выступают литейно-прессовый завод «Сегал» (г. Красноярск) и ООО «Предприятие "ПИК"» (г. Нижний Новгород).



Михайловская СЭС, Астраханская область

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СОЛНЕЧНОЙ ФОТОВОЛЬТАИКИ В МИРЕ

Средняя эффективность преобразования ячеек и потенциал роста, % (Рис. 7)



HJT — технология гетероперехода с внутренним тонкими пленками

TOPCON (Tunnel Oxyde Passivated Contact) — кремниевый фотоэлемент с контактом, пассивированным туннельным оксидом)

PERC (Passivated Emitter and Rear Contact) — солнечный элемент с технологией пассивации задней поверхности кремниевой пластины

Тандемные солнечные элементы — технология, когда кремниевые и перовскитные фотоэлементы располагаются друг над другом

AL-BSF — технология с алюминиевым покрытием тыльной поверхности элемента

Источник: Solar PV technologies what's next? / Technology report 2019.

Тенденции в технологиях производства солнечных модулей свидетельствуют о том, что со второй половины нулевых годов основным (занимавшим большую рыночную долю) материалом для производства в отрасли являлся мультикристаллический (поликристаллический) кремний. Однако сегодня очевиден переход к более эффективным монокристаллическим солнечным элементам. Эти изделия, по оценкам экспертов, в ближайшее время практически полностью вытеснят конкурента с мирового рынка.

Доминирующей технологией сегодня становятся солнечные элементы из монокристаллического кремния PERx. Они отличаются повышенной эффективностью и требуют относительно низких ин-

вестиций для преобразования существующих производственных линеек

По данным ежегодного доклада о технологиях солнечной энергетики ITRPV<sup>13</sup>, технологии семейства PERx (включая PERC, PERT<sup>14</sup>, PERL<sup>15</sup>) будут занимать наибольшую долю рынка в ближайшие десять лет. По прогнозам экспертов ITRPV, доля гетероструктурных солнечных элементов (HJT/SHJ) увеличится с 3 % в 2018 до 10 % в 2025 году (рис. 8).

Солнечные модули HJT и PERC сегодня становятся наиболее распространёнными технологиями, которые конкурируют по соотношению стоимости и эффективности. В то же время потенциал роста эффективности у HJT-ячеек выше, чем у семейства



PERx (рис. 7)<sup>16</sup>.

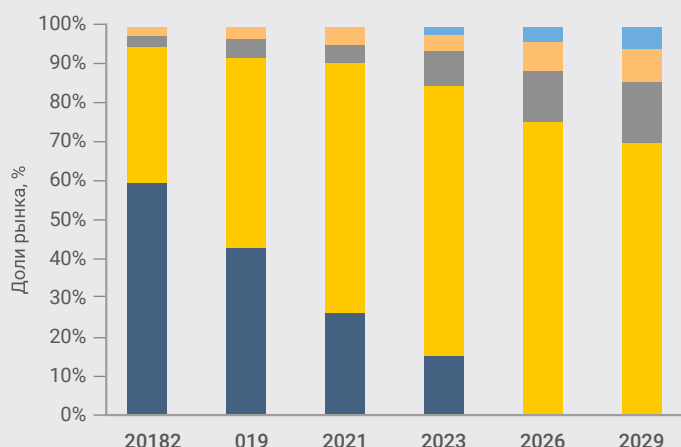
Одним из препятствий быстрого распространения технологии HJT считается более высокая цена кремниевых пластин n-типа. Однако разница в стоимости между пластинами p<sup>17</sup> и n<sup>18</sup> типа уже снизилась до 5 %. Другим препятствием для расширения HJT является более высокая цена производственных линий. Капитальные затраты на производство для HJT в настоящее время выше (из-за низкого эффекта масштаба).

Показатель нормированной стоимости электроэнергии (LCOE) для технологий HJT является самым низким по сравнению с конкурирующими решениями (рис. 9)<sup>19</sup>.

Более высокая цена компенсируется рядом преимуществ гетероструктурных солнечных модулей. Их отличают низкий температурный коэффициент (при повышении температуры модуля выработка снижается в меньшей степени, чем у обычных кремниевых солнечных элементов), отсутствие деградации типов PID и LID, легко реализуемая двусторонность ячеек, обеспечивающая более высокую выработку, чем у двусторонних модулей PERC, а также высокая эффективность преобразования.

По мнению экспертов, HJT считается наиболее эффективной технологией следующего поколения с наибольшим промышленным потенциалом<sup>20</sup>. На мировом рынке представлено пока относительно небольшое число производителей HJT-элементов и модулей: Panasonic, REC, Risen Energy и др. В этом ряду стоит и российская группа компаний «Хевел», имеющая свой научно-технический центр.

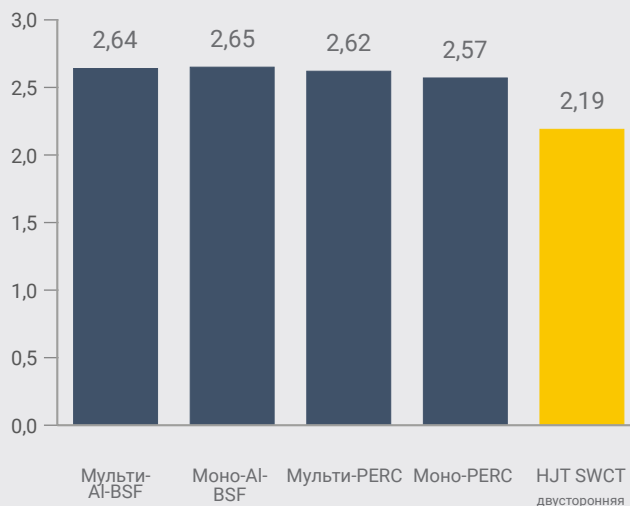
## Рынок технологий по использованию солнечной энергии: динамика и прогноз (Рис. 8)



- Кремниевые тандемы (SI-Based Tandem)
- Модули SI с задним контактом (back contact)
- Гетероструктурная технология (HJT/SHJ)
- PERC/PERL/PERT
- Технология покрытия тыльной поверхности (BSF)

Источник: Распоряжение Правительства РФ 1-р

## Общесредний LCOE по различным видам технологий, долл/кВт\*ч (Рис. 9)



Источник: Распоряжение Правительства РФ 1-р

<sup>13</sup> ColInternational Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV) / Tenth Edition, October 2019. – <https://itrpv.vdma.org/documents/27094228/29066965/ITRPV%302019%30including%30Maturity%30Report.pdf/49882034-c160-56e0-02b8-cdb68e33261c2>

<sup>14</sup> Технология PERT (Passivated Emitter Rear Totally Diffused Cell) – солнечные элементы с пассивированным излучателем сзади, полностью рассеянные, в таких ячейках световая деградация не столь значительна, как в PERC.

<sup>15</sup> Технология PERL (Passivated Emitter Rear Locally Diffused Cell) – тыльный излучатель локально наносится только на металлических контактах, чтобы свести к минимуму рекомбинацию на тыльной стороне элемента, сохраняя при этом хороший электрический контакт.

<sup>16</sup> Solar PV technologies what's next? / Technology report 2019. – <http://becquerelinstitute.org/wp-content/uploads/2019/06/Solar-PV-technologies-whats-next-Nabih-Cherradi.pdf>

<sup>17</sup> P-тип – ячейка построена на основе положительно заряженной пластины, легированной бором,

<sup>18</sup> N-тип – ячейка построена на основе отрицательно заряженной пластины, легированной фосфором,

<sup>19</sup> Solar PV technologies what's next? / Technology report 2019. – <http://becquerelinstitute.org/wp-content/uploads/2019/06/Solar-PV-technologies-whats-next-Nabih-Cherradi.pdf>

<sup>20</sup> Solar PV technologies what's next? / Technology report 2019. – <http://becquerelinstitute.org/wp-content/uploads/2019/06/Solar-PV-technologies-whats-next-Nabih-Cherradi.pdf>

# ПРОИЗВОДСТВО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ










# ПРОИЗВОДСТВО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ

Производственные проекты в секторе ветроэнергетики (Рис. 10)

	ПРОИЗВОДИТЕЛЬ	ВИД ПРОДУКЦИИ	ПЛОЩАДКА	ОБЪЕМ ПРОИЗВОДСТВА	ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ	КОЛ-ВО РАБОЧИХ МЕСТ
 300 — 400 МВт/год	ООО «Вестас Рус»	ГОНДОЛА ВЭУ, СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ (PITCH-СИСТЕМА)	ООО «Либхерр», Нижний Новгород; Дзержинск, Нижегородская область	80 гондол/год	2018 г.,	580
	ООО «Вестас Мэньюфэкчуринг Рус»	ЛОПАСТИ ВЭУ	Ульяновск, Ульяновская область	240 лопастей/год	2018 г.	
 300 — 400 МВт/год	ООО «Башни ВРС»	БАШНИ ВЭУ	ПАО Северсталь, Таганрог, Ростовская область	110 башен/год	2018 г.	210
	ООО «Сименс Гамеса Реньюэбл Энерджи»	РЕДУКТОРНЫЕ ВЭУ В СБОРЕ	ООО «Сименс технологии газовых турбин», Санкт-Петербург, Ленинградская область	70 комплектов/-год	2018 г.	150
 300 — 400 МВт/год	АО «НоваВинд»	ГОНДОЛА И ГЕНЕРАТОР БЕЗРЕДУКТОРНОЙ ВЭУ	Атоммаш, Волгодонск, Ростовская область	120 комплектов/-год	2020 г.	400
	ООО «Ветро-СтройДеталь»	МОДУЛЬНЫЕ СТАЛЬНЫЕ БАШНИ ВЭУ	Волгодонск, Ростовская область	120 башен/год	2020 г.	



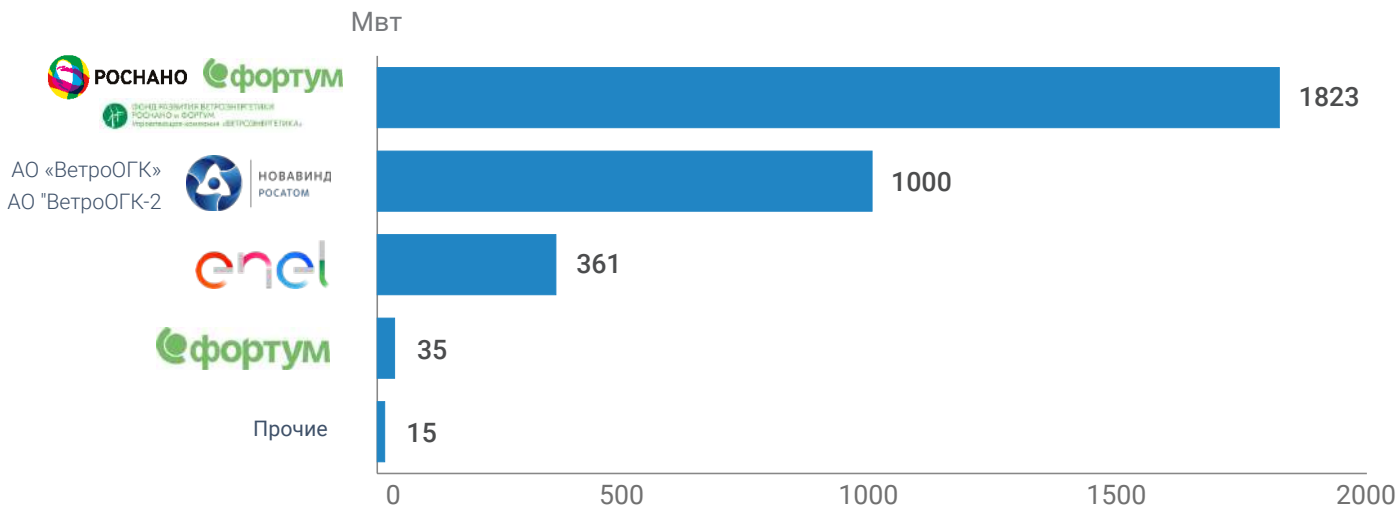


Оснастка для производства стеклопластиковых лопастей методом вакуумной инфузии на заводе «Вестас» (г. Ульяновск)

Сектор ветроэнергетики в рамках программы ДПМ ВИЭ делит три участника: Фонд развития ветроэнергетики (консорциум АО «Роснано» и ПАО «Фортум»), АО «ВетроОГК» (ГК «Росатом») и ПАО «Энел Россия» (рис. 11). Каждая из указанных компаний реализует собственный подход к локализации оборудования, каждый инвестор выбрал технологического партнёра (вендора) для реализации программы локализации. К настоящему времени сформировалось несколько крупных консорциумов, которые запустили

на территории Российской Федерации производства элементов ветроэнергетического оборудования (рис. 10). С 2020 года темпы строительства ветропарков демонстрируют серьёзный рост, несмотря на то что в этом направлении активная стадия реализации проектов по развитию производства оборудования началась на три года позже, чем в сегменте солнечной энергетики.

Распределение инвестиционных проектов ВЭС (ДПМ ВИЭ). (Рис. 11)



Источник: АТС

## ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЕТРОУСТАНОВОК VESTAS

ООО «Вестас Рус» — гондолы

Мощность завода: 80 гондол в год

Персонал: 30 человек

Запуск — 2018 г.

📍 ПЛОЩАДКА LIEBHERR, ДЗЕРЖИНСК, НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ







Производство Vestas на базе швейцарского завода Liebherr (г. Дзержинск)

Для реализации совместных инвестиционных проектов в отрасли ветроэнергетики, в том числе по локализации производства оборудования, компаниями АО «Роснано» и ПАО «Фортум» был создан Фонд развития ветроэнергетики. На данный момент в его портфеле инвестпроекты ветропарков суммарной мощностью 1,8 ГВт. В качестве основного технологического партнёра и поставщика ветроустановок был определён мировой лидер в области производства ветротурбин<sup>21</sup> — датская компания Vestas.

Для российского рынка выбрана ВЭУ Vestas V-126 — одна из восьми моделей ВЭУ на платформе турбин Vestas 4 МВт. Это редукторная ВЭУ высотой 91 м и диаметром ветроколеса 126 м. Турбина предназначена для средних ветров и условий как сильной, так и слабой турбулентности (класс ветра IEC IIA/IIB), в зависимости от модификации. Номинальная мощность V-126 составляет 3,45 МВт с возможностью увеличения единичной мощности ВЭУ до 3,6–3,8–4,2 МВт. Производство и эксплуатация этой модели хорошо отлажены: всего в мире установлено около 23 ГВт турбин этой платформы.

18 мая 2018 года при участии ООО «Вестас Рус» (российское подразделение Vestas Wind Systems A/S) на производственной площадке Liebherr (ООО «Либхерр – Нижний Новгород») (г. Дзержинск Нижегородской области) была запущена линия по производству гондол ВЭУ, сборке системы управления

углом поворота гондолы и системы охлаждения. Годовая мощность сборочной линии составляет 80 изделий в год (300–400 МВт/год). Реализация этого проекта стала для России начальным этапом в осуществлении программы локализации производства оборудования для ветроэнергетики. Инвестиции в проект составили порядка 350 млн рублей. Создано более 30 рабочих мест, в перспективе предполагается увеличение этого показателя до 50.

В октябре 2019 года на заводе Liebherr была собрана первая гондола Vestas V126 новой модификации — для турбины мощностью 4,2 МВт. Модернизация модели V126 является продолжением развития линейки ВЭУ Vestas платформы 4 МВт для российского рынка. Более высокая единичная мощность турбины позволит достичь повышенного коэффициента использования установленной мощности и, таким образом, будет способствовать улучшению инвестиционных показателей проектов ВЭС.

<sup>21</sup> Датская Vestas занимает наибольшую долю рынка производства ВЭУ — 20,3% по итогам 2019 года (по данным GWEC).

# ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

## ООО «ВЕСТАС МЭНЬЮФЭКЧУРИНГ РУС»

ООО «Вестас Мэньюфэкчуринг Рус» — лопасти

Мощность завода: 240 лопастей в год

Персонал: 450 человек

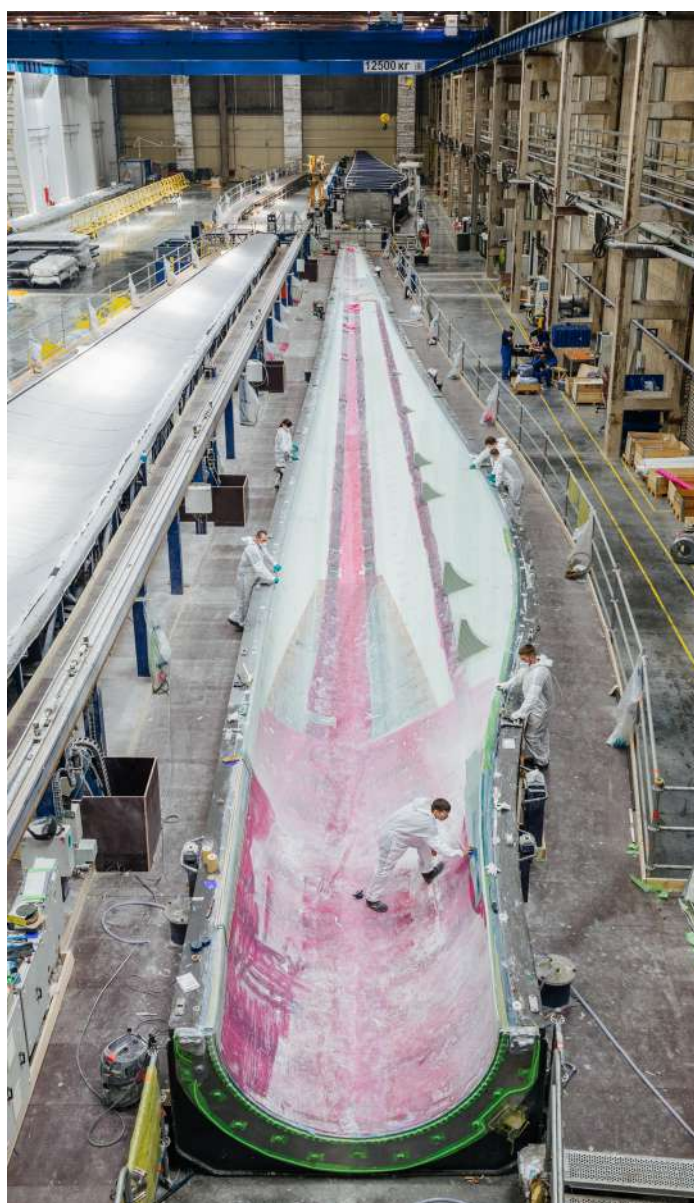
Запуск — 2018 г.

📍 **УЛЬЯНОВСК, УЛЬЯНОВСКАЯ ОБЛАСТЬ**

13 декабря 2018 года в г. Ульяновске был открыт завод по производству композитных лопастей – ООО «Вестас Мэньюфэкчуринг Рус» (совместное предприятие Vestas Manufacturing A/S и УК Роснано). Годовой выпуск продукции завода: 240 лопастей в год. Объем инвестиций в проект составил около 1,4 млрд рублей. На предприятии создано 450 высокотехнологичных рабочих мест.

ООО «Вестас Мэньюфэкчуринг Рус» — пока единственное в России производство композитных лопастей для ВЭУ. Длина изделия составляет 62 м, вес одной лопасти — 12 тонн. Произведённые лопасти соответствуют требованиям специального инвестиционного контракта и постановлений Правительства РФ в части доли российского стекловолокна<sup>22</sup>. Поставщиком стекловолокна для ООО «Вестас Мэньюфэкчуринг Рус» является завод ОАО «ОСВ Стекловолокно», расположенный в Гусь-Хрустальном (входит в состав американской Owens Corning). Проект реализуется при помощи механизма СПИК: контракт был подписан в феврале 2018 года между Минпромторгом РФ, ООО «Вестас Мэньюфэкчуринг Рус» и Ульяновской областью.

В апреле 2020 года ООО «Вестас Мэньюфэкчуринг Рус» отправила продукцию на экспорт: партию из 48 лопастей поставили с площадки ульяновского предприятия заказчику в Данию для строительства нового ветропарка. Экспорт одного из ключевых компонентов ВЭУ, изготовление которых локализовано в России, стал первым в истории отечественного энергомашиностроения.



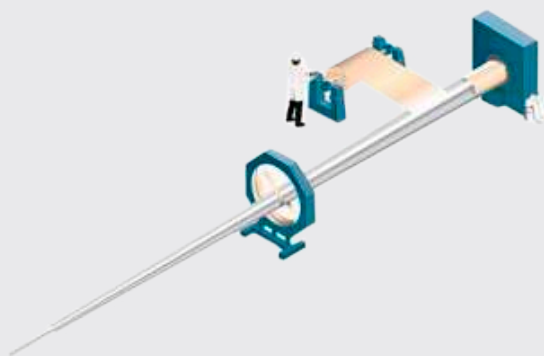
На заводе "Вестас Мэньюфэкчуринг Рус"

<sup>22</sup> Не менее 75 % согласно Приложению № 1.1 к Правилам квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии (Постановление Правительства РФ от 03.06. 2008 № 426).



# ПРОИЗВОДСТВО ЛОПАСТЕЙ

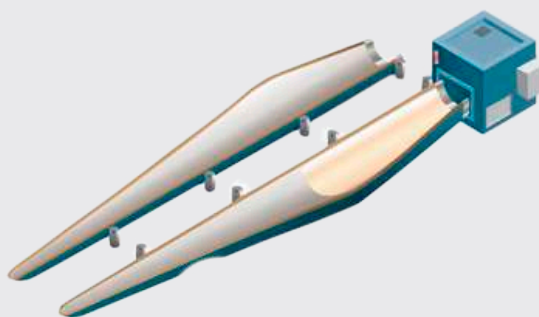
1



## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ РЁБЕР ЖЁСТКОСТИ

Для придания жёсткости в конструкции лопасти предусмотрены продольные рёбра жёсткости (webs), которые изготавливаются из стекловолокна на отдельной оснастке. Прочность конструкции также повышается при помощи – пултрузионного профиля – ленты из углеволокна, которая устанавливается вдоль лопасти в местах примыкания лонжеронов. Пултрузионный профиль позволяет наращивать длину лопасти без увеличения веса.

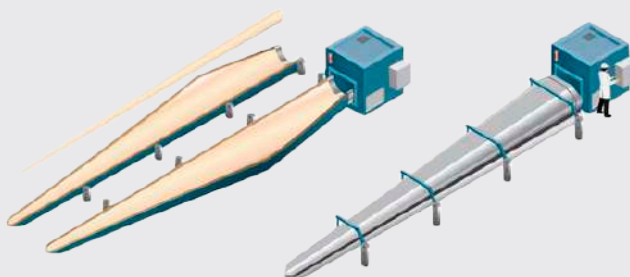
2



## ВЫКЛАДКА И ИНФУЗИЯ

Поверхность оснастки обрабатывается водной смазочной эмульсией и покрывается гелькоутом. На оснастку выкладываются слои специальных технических тканей и маты из стеклоткани. Поверх основного материала размещаются полосы углеродных пултрузионных профилей. После выкладки всех материалов вся поверхность оснастки запечатывается в плёнку, позволяющую создать вакуум. Сухие слои стеклоткани пропитываются двухкомпонентной эпоксидной системой под воздействием вакуума. После полной пропитки заготовки покрываются термоматами, подается тепло. Во время отверждения также поддерживается вакуум. Процесс представляет собой закрытую систему.

3



## СБОРКА ОБОЛОЧЕК И СНЯТИЕ С ОСНАСТКИ

После формования на оснастке получают 2 «половинки» лопасти – оболочки. После полного отверждения оболочек пресс-формы вакуумные пленки удаляются. Рёбра жёсткости (webs) помещаются в оболочку и склеиваются. Также на этом этапе к оболочкам лопасти прикрепляют систему молниезащиты. Оснастка закрывается, подаётся тепло для отверждения клея. После отверждения пресс-форма открывается, и необработанную лопасть можно извлечь из пресс-формы.

4



## ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА И ПОКРАСКА

Необработанная лопасть перемещается в зону чистовой обработки, где передний край и задний край лопасти обрезаются и ламинируются до достижения нужного контура. Оба края лопасти формируются при помощи отрезков сухой стеклоткани и двухкомпонентной ламинирующей системы на основе эпоксидной смолы. Дополнительно передняя кромка лопасти покрывается специальным защитным составом от эрозии. Поверхность лопасти тщательно шлифуется. Готовая лопасть затем окрашивается в камере распылением краски на основе изоцианатов (ПУ). После покраски лопасти готовятся к транспортировке.

## ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ООО «БАШНИ ВРС»

ООО «Башни ВРС» — башни

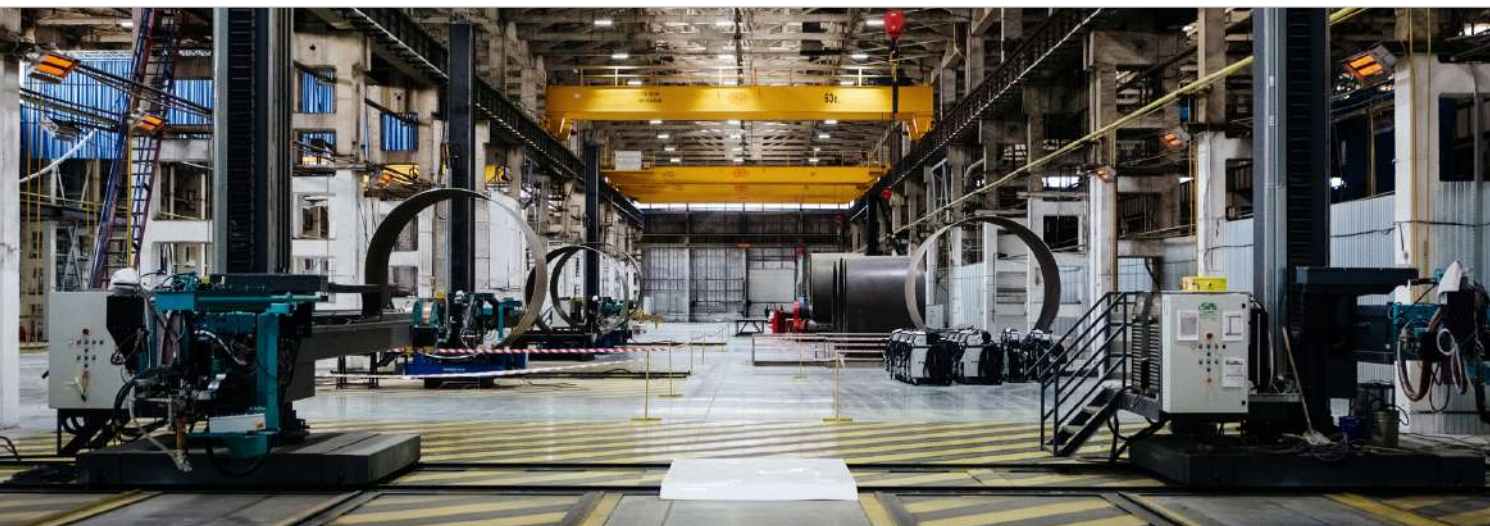
Мощность завода: 110 башен в год

Персонал: 210 человек

Запуск — 2018 г.

📍 ПЛОЩАДКА ПАО «СЕВЕРСТАЛЬ», ТАГАНРОГ, РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

ПРОИЗВОДСТВО БАШЕН ДЛЯ ООО «ВЕСТАС» И ООО «СИМЕНС ГАМЕСА».



Производство башен ветроэнергетических установок на заводе «Башни ВРС» (г. Таганрог)

13 декабря 2018 года испанская компания Windar Renovables S.L. (глобальный OEM-партнёр Vestas), УК «Роснано» и ПАО «Северсталь» дали старт производству башен для ветроустановок в рамках совместного предприятия — ООО «Башни ВРС».

Первоначально ООО «Башни ВРС» было создано как поставщик локализованных башен для ветроэнергетических установок Vestas. С 2019 года на заводе в Таганроге ООО «Башни ВРС» начато производство башен также для турбин Siemens Gamesa

Испанская компания Windar Renovables входит в группу Daniel Alonso, одного из крупнейших производителей сталелитейного оборудования в мире. Windar Renovables работает на рынке возобновляемых источников энергии с 2007 года и является одним из мировых лидеров в области изготовления башен для наземных и оффшорных ВЭУ.

У компании десять производственных площадок в четырёх странах, а также новая — в РФ. Windar Renovables

является поставщиком башен для крупнейших мировых производителей ветряных турбин, таких как Vestas, GE, Siemens Gamesa, Alstom, Suzlon, Inoxwind, Nordex Acciona и оффшорные фонды для Iberdrola, Siemens Gamesa, Scottish Power, EDP Renovables, Geosea и Van Oord.



по программе локализации ООО «Сименс Гамеса Реньюзбл Энерджи». Таким образом, предприятие закрывает программу производства стальных башен для двух из трёх вендоров ветроустановок на российском рынке.

Ведущий технологический партнер в проекте — испанская Windar Renovables осуществляет трансфер технологии производства башен на российское предприятие. ПАО «Северсталь» предоставляет производственную площадку и поставляет на конкурентных условиях стальные пластины, необходимые для изготовления башен. Проект реализуется в рамках СПИК, заключённого между Российской Федерацией, Ростовской областью, ПАО «Северсталь» и проектной компанией. Объём инвестиций составил более

800 млн рублей. Производственная площадка находится в г. Таганроге, Ростовской области. Проектная мощность завода — 110 трёх- и четырёхсекционных башен в год. Создано 210 новых рабочих мест.

Стальная башня ВЭУ представляет собой полое сооружение из набора цилиндрических секций конической формы, на которое устанавливаются гондола и ротор турбины ВЭУ. Высота выпускаемых сооружений составляет 84,6 м, диаметр — 4,3 м, вес — 190 т. На место монтажа их транспортируют в виде трёх-четырёх секций. Согласно действующим правилам программы ДПМ ВИЭ, башни обеспечивают вклад 13 % в степень локализации ВЭУ от установленного общего уровня 65 %.



Покраска башни ВЭУ на заводе «Башни ВРС» (г. Таганрог)

# ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЕТРОУСТАНОВОК LAGERWEY SYSTEMS B.V. (ENERCON GMBH)

**АО «Новавинд» — гондола и генератор безредукторной ВЭУ (лицензия Lagerwey Systems B.V.)**

**Мощность завода: 120 комплектов в год (генератор безредукторной ВЭУ и гондола)**

**Персонал: 254 человека**

**Запуск — 2018 г.**

 **ПЛОЩАДКА АТОММАШ, ВОЛГОДОНСК, РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ**

АО «Новавинд» — дивизион Госкорпорации «Росатом», основная задача которого — консолидировать усилия госкорпорации в передовых сегментах и технологических платформах электроэнергетики.

В рамках государственной программы поддержки использования возобновляемых источников энергии АО «Новавинд» реализует масштабный проект, направленный на локализацию производства высокотехнологичного оборудования и строительства ветряных электростанций общей мощностью 1 ГВт. В целях выполнения требований по локализации со стороны ключевого заказчика и в условиях ограниченного спроса на компоненты ветроэнергетических установок на российском рынке АО «Новавинд» приняло решение об организации собственного экспортно-ориентированного производства компонентов ВЭУ — генератора, гондолы, ступицы безредукторной ветроэнергетической установки и системы охлаждения. Для организации производства выбрана производственная площадка в г. Волгодонск — существующий производственный корпус №4 Волгодонского филиала АО «Инжиниринговая компания «АЭМ-технологии» (АО «Атомэнергомаш»).

АО «Новавинд» является равноправным акционером совместного предприятия Red Wind B.V. с голландским технологическим партнером — компанией Lagerwey Systems B.V., 100% акций которой принадлежит немецкому ветроэнергетическому гиганту — компании Enercon GmbH. Lagerwey Systems B.V. использует собственные разработки турбин, основанные на технологии прямого привода, что требует значительно меньшего количества компонентов и процессов для преобразования силы ветра в электроэнергию по сравнению с редукторной технологией, за счет чего достигается высокий коэффициент готов-

ности ВЭУ. Lagerwey Systems B.V. (под управлением Enercon GmbH) обеспечивает трансфер технологий производства ветроустановок мощностью 2,5 МВт и 4 МВт российскому партнеру. Совместное предприятие отвечает за маркетинг, продажи, поставки ВЭУ «под ключ» и послепродажную поддержку, реализует программу локализации производства и обучение персонала. Совместное предприятие также отвечает за квалификацию поставщиков и контрактацию комплектующих для последующей поставки на производственные площадки АО «Новавинд».

Генератор является одним из основных компонентов ВЭУ, преобразующим механическую энергию вращения ветроколеса в электрическую. Модель ВЭУ Lagerwey L100–2,5 снабжена генератором с прямым приводом. Это инновационная разработка компании Lagerwey, которая имеет ряд преимуществ перед конкурентами по всему миру. Безредукторные генераторы выгодно отличают от других их компактность и малый вес. Lagerwey L100–2,5 при габаритах 4,26 x 2,07 м (Д x В) имеет номинальную мощность 2,5 МВт. Компактность и облегченный вес позволяют реализовывать проекты ВЭС в труднодоступных районах, не оснащенных развитой транспортной инфраструктурой, а также значительно снижать стоимость транспортировки генераторов.

ВЭУ данной модели имеют башню необычной модульной конструкции, в которой верхняя часть поставляется с завода в готовом виде, а нижняя — собирается из сегментов прямо на площадке, что значительно упрощает логистику одного из самых крупных компонентов.

Инвестиционный проект, направленный на создание на территории Российской Федерации промышлен-



ного производства гондолы и генератора безредукторной ветроэнергетической установки, реализуется с использованием механизма СПИК. Инвестором является АО «НоваВинд», привлечённое лицо в рамках СПИК — Red Wind B.V. Изготовление и сборка компонентов ветроэнергетических установок (гондолы, ступицы, генератора, системы охлаждения) осуществляются на базе производственных мощностей ГК «Росатом» в Волгодонске. Планируется

реализовать 580 комплектов высокотехнологичного оборудования для ВЭУ (генератор безредукторной ВЭУ и гондола) — порядка 120 комплектов ежегодно. Заявленная мощность производства — до 400 МВт/год. В рамках реализации инвестиционного проекта в 2019 году создано более 254 рабочих мест. Сотрудники прошли обучение по различным специальностям в Германии и Нидерландах.



Сборка ступиц на заводе АО «НоваВинд» (г. Волгодонск)



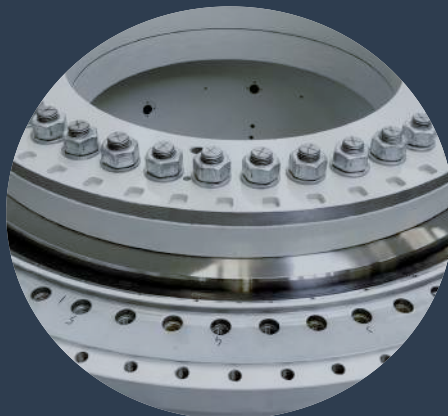
## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС НОВАВИНД

1.



Сборка статора генератора ВЭУ

2.



Изготовление ротора и главного подшипника ВЭУ

3.



Вакуумная пропитка и запекание статора

4.



Изготовление высокотехнологичного узла ВЭУ — генератора

5.



Изготовление гондолы — связующего элемента опорной башни ВЭУ с генератором

6.



Изготовление ступицы и сборка платформы основания башни



# ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ООО «ВЕТРОСТРОЙДЕТАЛЬ»

ООО «ВетроСтройДеталь» — модульные стальные башни ВЭУ

Мощность завода: 120 башен в год

Персонал: 262 человека

Запуск — 2018 г.

📍 ВОЛГОДОНСК, РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ



Монтаж башен ветроэнергетических установок Lagerwey — АО «НоваВинд» на площадке Адыгейской ВЭС

ООО «ВетроСтройДеталь» — партнёр АО «НоваВинд» в области производства и поставок башен для ветроэнергетических установок.

На территории Ростовской области (г. Волгодонск) компания реализует инвестиционный проект — изготовление модульных стальных башен для ВЭУ. Башни производятся по лицензии Lagerwey Systems B.V. и отличаются необычной модульной конструкцией — секции башни не конические, как в случае с классической башней ВЭУ, а состоят из металлических листов, которые транспортируются на стандартных грузовиках и монтируются на месте путём соединения металлических листов. В рамках ре-

лизации инвестиционного проекта было налажено современное высокотехнологичное производство с уникальным для России оборудованием — прессом пошаговой формовки с усилием 3000 тонн, шириной матрицы 14 метров, с автоматизированной подачей листа, линией плазменной резки и сверловки стальных листов толщиной до 150 мм; роботизированной линией газопламенного цинкования элементов башен; автоматизированной линией трёхкомпонентного покрытия элементов башен. На предприятии в Волгодонске создано 262 рабочих места. Данный проект включен Правительством Ростовской области в список «100 инвестиционных губернаторских проектов».

## РЕДУКТОР VS ПРЯМОЙ ПРИВОД: ВОЙНА СТАНДАРТОВ ИЛИ КАЖДОМУ СВОЯ НИША?

На сегодняшний день два типа ветровых турбин являются предметом активной разработки R&D-подразделений крупных мировых производителей ВЭУ: редукторная ВЭУ и ветротурбина прямого привода. Два типа технологий конкурируют, чтобы стать признанным доминирующим дизайном.

Редукторные ветровые турбины начали активно разрабатываться ещё с 70-х годов XX века. Такая ВЭУ использует редуктор (мультипликатор) для повышения скорости вращения, при передаче вращательного движения через главный вал от ротора ветротурбины (который вращается на сравнительно низких оборотах) к генератору. Преодолев путь от турбин с постоянной скоростью, имеющих многоступенчатый мультипликатор и асинхронный короткозамкнутый генератор, индустрия в конце концов пришла к стандарту: турбине с переменной частотой вращения и многоступенчатой коробкой передач — мультипликатором, осуществляющим передачу к относительно типовому асинхронному генератору с двойной подачей. Такие редукторные машины получили бы широкое распространение и имели все шансы стать доминирующими на рынке, если бы с 1990-х годов не началась активная работа над разработкой альтернативной технологии: безредукторной ВЭУ с прямым приводом.

Ветровые турбины прямого привода напрямую передают вращение ротора на генератор, что предполагает равную скорость вращения ротора и генератора. Так как сравнительно низкие скорости вращения ротора ветротурбины в таком случае не позволяют достигать нужных значений частоты выходного тока, такие генераторы оснащают большим числом постоянных магнитов. Первые ветротурбины прямого привода появились в начале 1990-х годов. На сегодняшний день распространены два основных типа: работающие на постоянных магнитах и на электрическом возбуждении. В 1990-е годы генераторы на постоянных магнитах не пользовались особой популярностью из-за высокой стоимости самих магнитов, изготавливаемых из редкоземельных металлов. Однако в 2000-х, когда цена последних сильно снизилась, интерес к таким генераторам значительно возрос.

С тех пор как начались разработки турбин прямого привода, обе технологии постоянно оптимизиру-

ются. У каждой из них есть преимущества и недостатки. На стороне редукторной машины большой опыт эксплуатации, десятки лет оптимизации, отлаженное масштабное промышленное производство и цепочки поставок компонентов, и, как следствие, главный козырь — их цена. Что касается машин прямого привода — они считаются более надёжными. Изначально технология была призвана избавить ветрогенератор от редуктора — этот узел, имеющий множество вращающихся частей и испытывающий при этом высочайшие нагрузки, наиболее подвержен поломкам и нуждается в постоянном техническом обслуживании. Однако, так как высокий крутящий момент диктует свои условия, турбинам прямого привода большой единичной мощности требуется тяжёлый, громоздкий генератор в форме кольца большого диаметра (который из-за его формы называют doughnut — «пончик»). При этом преимуществом синхронных безредукторных генераторов, помимо отсутствия такого «проблемного» узла, как редуктор, является их эффективность, особенно при работе с неполной нагрузкой. Эти турбины проще собирать — у них только один главный подшипник. Они производят меньше шума. Не только тип трансмиссии, но и конструкция генератора ещё больше снижает количество вращающихся компонентов, что даёт дополнительный вклад в снижение стоимости ремонта и техобслуживания.

Высокая цена и громоздкость генератора, возможно, оставили бы машины прямого привода в авангарде технологий с нишевым применением, однако две важные тенденции на рынке делают это решение, по мнению многих экспертов, наиболее перспективным, — снижение цен на редкоземельные металлы и бум развития офшорной ветроэнергетики. Более высокие скорости прибрежных ветров дают большую нагрузку на редуктор. Плюс высокая стоимость ремонтов и техобслуживания стимулирует к минимизации требующих обслуживания узлов.

Другие эксперты утверждают, что технология прямого привода в итоге станет доминирующей. Три аргумента в пользу этого тезиса:

1) затраты на опорную конструкцию для офшорных ВЭУ с прямым приводом ниже из-за её меньшего веса;



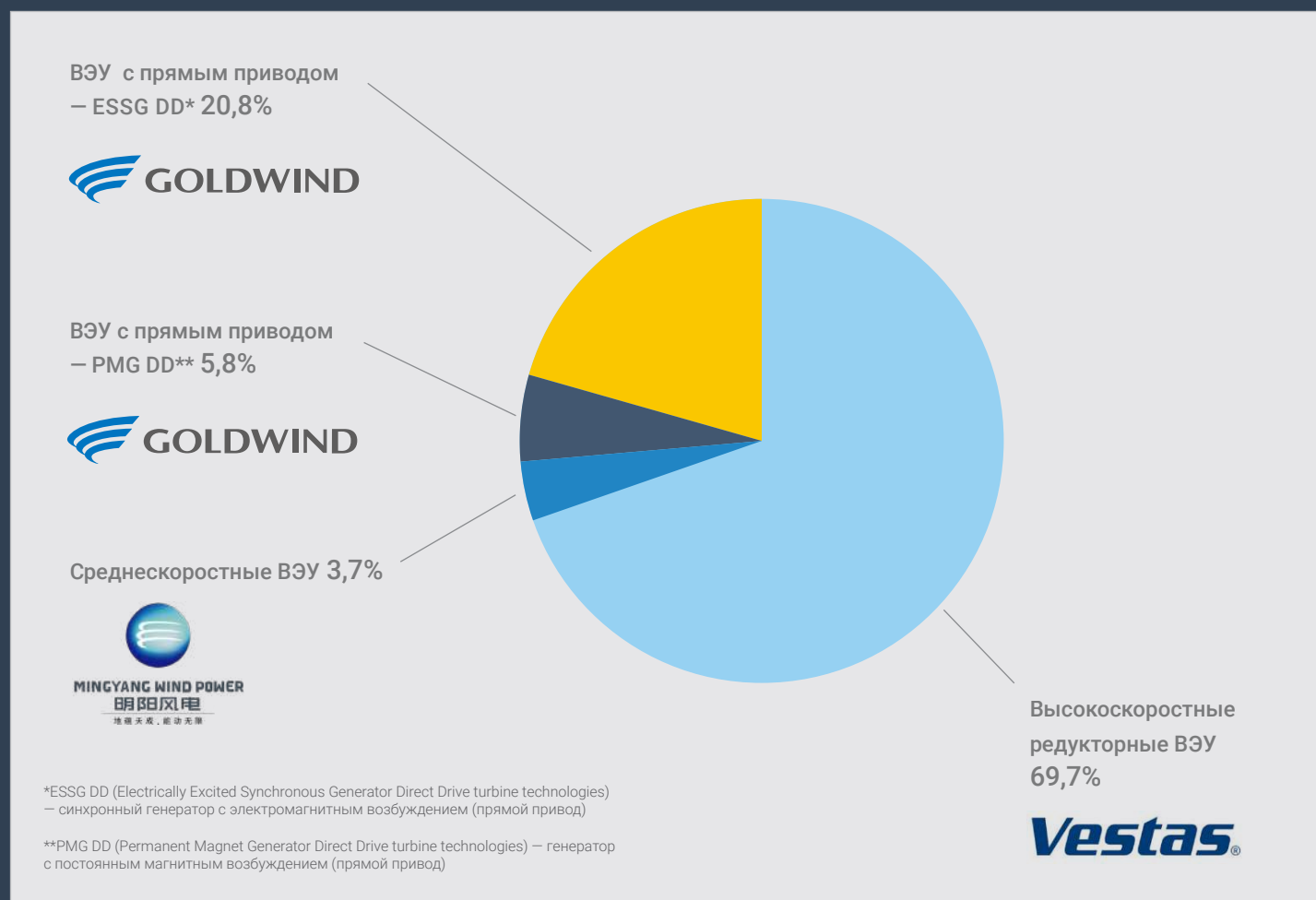
2) прямой привод имеет больше возможностей для дальнейшего совершенствования. Редукторная ВЭУ достигает потолка максимально возможной эффективности. Турбины с прямым приводом имеют больше шансов для улучшения;

3) прямой привод более эффективен в свете постоянно растущей номинальной мощности турбин: редуктор требует дополнительных ступеней, что приводит к большим потерям на трансмиссию.

Пока редукторные ВЭУ не собираются сдаваться: на сегодняшний день они продолжают быть самой распространённой технологией на рынке (рис. 12)<sup>23</sup>. Высокоскоростные (Conventional Drive) и среднескоростные (Hybrid Drive) редукторные ветротурбины занимают доли рынка в размере 69,7 и 3,7 % соответственно в 2018 году. Доля рынка технологий с прямым приводом (Direct Drive) в 2018 году составила 26,6 %. Это на 2 % меньше, чем в 2017-м (в ос-

новном из-за сокращения производства ветряных турбин немецкой компанией Enercon в 2018-м). Для сравнения: в 2011 году ВЭУ с прямым приводом занимали 17 % рынка против 83 % доли редукторных машин. Основным поставщиком по каждой из трёх категорий технологий (Conventional Drive, Hybrid Drive, Direct Drive) в 2018 году стали Vestas, Mingyang и Goldwind соответственно.

Рынок ветровых турбин по видам технологий, 2018 год (рис. 12)



Источник: IRENA (2019), Future of wind: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects

<sup>23</sup> IRENA (2019), Future of wind: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects (A Global Energy Transformation paper), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Oct/IRENA\\_Future\\_of\\_wind\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Oct/IRENA_Future_of_wind_2019.pdf).

## ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА SIEMENS GAMESA

ООО «Сименс Гамеса Реньюэбл Энерджи» (SGRE) – редукторные ВЭУ в сборе

Мощность завода: 70 комплектов в год (генератор безредукторной ВЭУ и гондола)

Персонал: 150 человек

Запуск – 2018 г.

📍 ПЛОЩАДКА ООО «СИМЕНС ТЕХНОЛОГИИ ГАЗОВЫХ ТУРБИН», САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ



Сборка ВЭУ Siemens Gamesa на площадке Азовской ВЭС

Siemens Gamesa Renewable Energy — один из ведущих мировых производителей ветроустановок — реализует в России программу локализации редукторной ВЭУ модели SG 3.4–132 мощностью 3,4 МВт в рамках сотрудничества ООО «Сименс Гамеса Реньюэбл Энерджи» с ПАО «Энел Россия».

В сентябре 2018 года было подписано соглашение между ООО «Сименс Гамеса Реньюэбл Энерджи» и ООО «Сименс технологии газовых турбин» (СТГТ) о сборке гондол ВЭУ мощностью 3,4 МВт SG 3.4–132 на площадке СТГТ в Ленинградской области (промышленная зона Горелово Ломоносовского района). СТГТ — это современный производственный комплекс, обеспечивающий изготовление больших газовых турбин для российского рынка. Для сборки ВЭУ, включая сборку гондол и ступиц, предназна-

чен участок площадью 4000 квадратных метров. Производственный процесс на площадке начался в августе 2019 года. Поставки ВЭУ на российский рынок стартуют в 2020 году. На начальном этапе ООО «Сименс Гамеса Реньюэбл Энерджи» подписало соглашение о сотрудничестве с ПАО «Энел Россия». Ветроустановки Siemens Gamesa используются при строительстве Азовской ВЭС (установленной мощностью 90 МВт) в Ростовской области и Кольской ВЭС (201 МВт) в Мурманской области, которые планируется запустить в 2020 и 2021 годах соответственно. В апреле 2020 года ООО «Сименс Гамеса Реньюэбл Энерджи» произвело первую отгрузку деталей для Азовской ВЭС (заказчик — «Энел Винд Рус Азов»): в Ростов-на-Дону были отправлены гондолы и ступицы, изготовленные на площадке ООО «Сименс технологии газовых турбин». Башни для ветроустановок




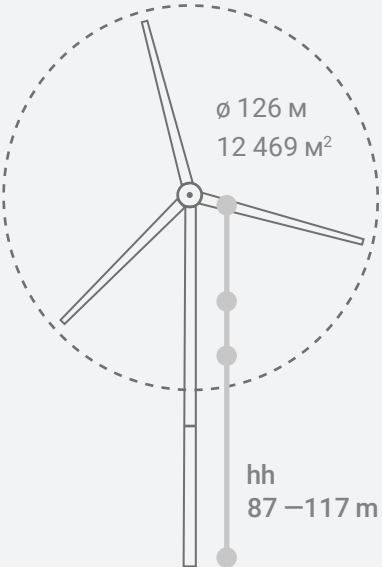
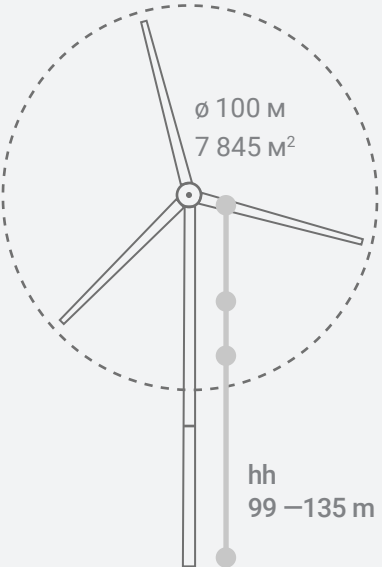
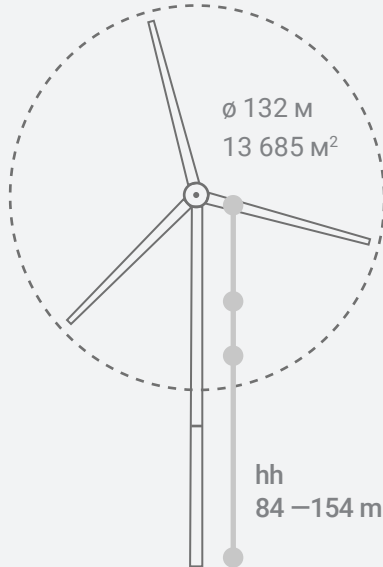





Siemens Gamesa в России производятся на заводе ООО «Башни ВРС» в Таганроге.

ООО «Сименс Гамеса Реньюэбл Энерджи» проводит постепенное расширение локальной сети поставщиков в России. Отличительная черта программы локализации турбин Siemens Gamesa в России — акцент на освоение электротехнических компонентов машины. Так, в ноябре 2018 года был подписан контракт с

российским электротехническим концерном «Русэл-пром» (Санкт-Петербург), который будет производить и поставлять генераторы для ветровых турбин, а в феврале 2019-го — договор с группой «СВЭЛ» (Екатеринбург) о поставке силовых трансформаторов для собираемых ветроустановок. Конвертеры для ВЭУ компания планирует изготавливать также в Санкт-Петербурге на заводе «Электронмаш».

### Модели ВЭУ, локализация которых происходит на российском рынке (Рис. 13)

		
VESTAS V126 – 3.45	LAGERWEY L100-2,5	SGRE G3.4 - 132
		
РЕДУКТОРНАЯ ВЭУ	БЕЗРЕДУКТОРНАЯ ВЭУ	РЕДУКТОРНАЯ ВЭУ
Единичная мощность: <b>3,6/3,8/4,2 МВт*</b> Класс ветра**: <b>IEC - II B</b>	Единичная мощность: <b>2,5 МВт</b> Класс ветра**: <b>IEC - III A</b>	Единичная мощность: <b>3,6/3,8/4,2 МВт</b> Класс ветра**: <b>IEC - II A</b>
ЗАКАЗЧИК:	ЗАКАЗЧИК:	ЗАКАЗЧИК:
Фонд Развития Ветроэнергетики 	АО «Ветро-ОГК»    АО «Ветро-ОГК-2» 	ПАО «Энел Россия» 
Портфель ДПМ: 1,8 ГВт	Портфель ДПМ: 1 ГВт	Портфель ДПМ: 361 МВт

\*Для спецификаций Standard, IEC IIB. Высота может варьироваться в зависимости от спецификации ВЭУ. Мощность турбины варьируется в зависимости от спецификации

\*\*Класс ветра по стандарту IEC 61400-22"

## ГОНДОЛА РЕДУКТОРНОЙ ВЭУ

ООО «ВЕСТАС РУС»  
(площадка Liebherr, г. Дзержинск)

80 гондол в год

**Vestas®**

## ГОНДОЛА И ГЕНЕРАТОР БЕЗРЕДУКТОРНОЙ ВЭУ

АО «НОВАВИНД»  
(г. Волгодонск)

120 комплектов в год



НОВАВИНД  
РОСАТОМ

**Lagerwey**

**ENERCON**  
ENERGY FOR THE WORLD

## ПРОИЗВОДСТВО ЛОПАСТЕЙ

ООО «ВЕСТАС  
МЭНЬЮФЭКЧУРИНГ РУС»  
(г. Ульяновск)

240 лопастей в год

**Vestas®**

ЛОПАСТИ  
ВЭУ

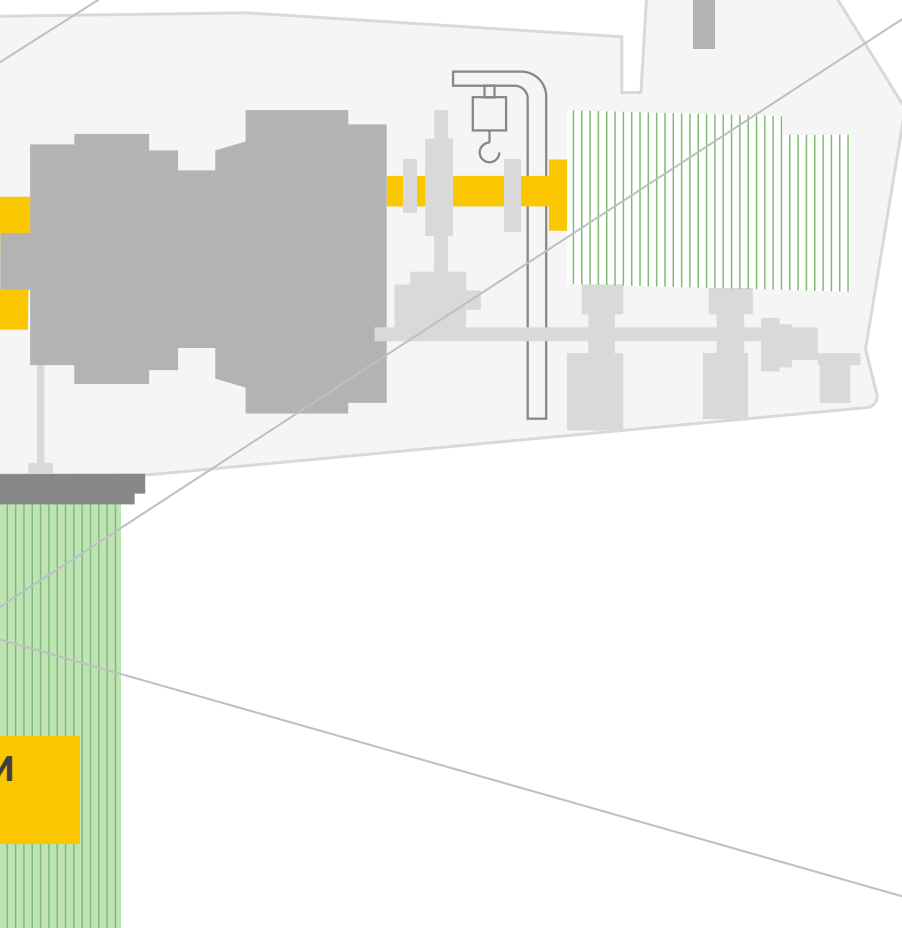
ГОНДОЛ  
ВЭУ

БАШНИ  
ВЭУ

- Программа локализации АО
- Программа локализации ООО
- Программа локализации ООО «Энерджи» (ВЭУ Siemens Gam



1А



1

## РЕДУКТОРНАЯ ВЭУ

ООО «СИМЕНС ГАМЕСА  
РЕНЬЮЭБЛ ЭНЕРДЖИ»  
(площадка ООО «СТГТ»,  
Ленинградская обл.)

70 комплектов в год

**SIEMENS Gamesa**  
RENEWABLE ENERGY

## ПРОИЗВОДСТВО БАШЕН

ООО «БАШНИ ВРС»  
(г. Таганрог)

110 башен в год



РОСНАНО



WINDAR

Северсталь



WRS  
TOWERS

**Vestas**®

**SIEMENS Gamesa**  
RENEWABLE ENERGY

## ПРОИЗВОДСТВО БАШЕН

ООО «ВЕТРОСТРОЙДЕТАЛЬ»  
(г. Волгодонск)

120 башен в год



ВетроСтройДеталь

«НоваВинд» (ВЭУ Lagerwey — Enercon)

ООО «Вестас Рус» (ВЭУ Vestas)

ООО «Сименс Гамеса Реньюэбл  
Gamesa)

## ПРОИЗВОДСТВО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ



Строительство Белопорожских МГЭС, Республика Карелия

Сектор малой гидроэнергетики не сегодняшний день пока не смог привлечь должного внимания инвесторов. Активность в данном сегменте конкурсных отборов оказалась значительно ниже. За всё время инвесторами было заявлено проектов на 160 МВт (из более чем 75 МВт, изначально запланированных в рамках программы поддержки малых гидроэлектростанций (МГЭС)). Сдерживающим фактором являются высокие затраты на предварительную проработку проекта на прединвестиционной стадии, которые необходимо провести для определения перспективного створа МГЭС и расчёта плановых капитальных вложений. Кроме того, наибольшая доля капитальных расходов в проектах МГЭС распределяется не на закупку оборудования, а на строительные работы. Низкая активность инвесторов послужила поводом для уменьшения целевых объёмов ввода МГЭС с 751 до 210 МВт и перераспределения их в пользу СЭС и ВЭС<sup>24</sup>. Учитывая незначительный объём инвестиций и наличие сдерживающих факторов, программа поддержки ВИЭ в секторе МГЭС не привела к достаточной инвестиционной активности для разворачивания новых полноценных производств оборудования для малых гидроэлектростанций. Вероятно, для запуска

сегмента потребуются корректировки условий по сценарию, аналогичному перенастройке механизма поддержки для ВЭС.

На территории России производство решений для МГЭС осуществляют следующие предприятия:

- 1) гидросиловое оборудование (единичной мощностью до 50 МВт): ПАО «Силовые машины» (также электротехническое оборудование для ГЭС/ГАЭС), АО «Тяжмаш» (включая дочернее предприятие ŠKD Blansko Holding a.s.), АО «Уралгидромаш», ООО «Фойт Гидро», ООО «Русэлпром» (также электротехническое оборудование для ГЭС/ГАЭС);
- 2) гидрогенераторы (единичной мощностью до 50 МВт): ООО «Электротяжмаш-Привод», ПАО НПО «Элсиб» (также системы возбуждения гидрогенератора);
- 3) микрогидроэлектростанции (единичной мощностью от 0,01 до 5,6 МВт): МНТО «ИНСЭТ».

<sup>24</sup> Распоряжение Правительства от 19.06.2019 № 1601-р.



# Параметры индустриального кластера производства оборудования для сектора ВИЭ (Рис. 15)

<div><div>НОВАВИНД РОСАТОМ</div></div> <div><div>ВетроСтройДеталь</div></div> <div><div>Lagerwey</div></div> <div>БЕЗРЕДУКТОРНАЯ ВЭУ</div> <div>Генератор Гондола Башня Ступица</div>	<div><div>Vestas®</div></div> <div>РЕДУКТОРНАЯ ВЭУ</div> <div>Лопасты Гондола</div>	<div><div>SIEMENS Gamesa RENEWABLE ENERGY</div></div> <div>РЕДУКТОРНАЯ ВЭУ</div> <div>Генератор Гондола Ступица Трансформатор Конвертор</div>	<div><div>Северсталь</div></div> <div><div>WINDAR renewable energy solutions</div></div> <div><div>РОСНАНО</div></div> <div><div>WRS TOWERS</div></div> <div>БАШНИ</div> <div>Поставка башен для VESTAS и Siemens Gamesa</div>
300-400 МВТ/год	300-400 МВТ/год	300-400 МВТ/год	300-400 МВТ/год
400 РАБОЧИХ МЕСТ	580 РАБОЧИХ МЕСТ	150 РАБОЧИХ МЕСТ	210 РАБОЧИХ МЕСТ

<div><div>ХЕВЕЛ группа компаний</div></div> <div>ГЕТЕРОСТРУКТУРНЫЕ ФЭМ</div> <div>Производство ячеек Сборка модулей</div>	<div><div>Солар Кремниевые Технологии</div></div> <div>МОНО-/МУЛЬТИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СЛИТКИ И ПЛАСТИНЫ</div> <div>Производство слитков Производство пластин</div>	<div><div>HELIOS RESOURCE</div></div> <div>МОНО-/МУЛЬТИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СЛИТКИ И ПЛАСТИНЫ</div> <div>Производство слитков Производство пластин</div>
340 МВт/год	200 МВТ/ГОД	180 МВт/год
700 РАБОЧИХ МЕСТ	525 РАБОЧИХ МЕСТ	315 РАБОЧИХ МЕСТ

<div><div>VOITH</div></div> <div>ГИДРОСИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ 2019 Г. Саратовская область</div>	<div>ГИДРОСИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ для МГЭС</div> <div>Производство оборудования для МГЭС осуществляется прежде всего на предприятиях традиционных производителей гидроагрегатов и тяжёлой промышленности</div>	<div><div>ТЯЖМАШ</div></div> <div><div>ELSIB</div></div> <div><div>РУСЭЛПРОМ РОССИЙСКИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС</div></div> <div><div>лэз</div></div> <div><div>СИЛОВЫЕ МАШИНЫ</div></div> <div><div>ПРИВОД</div></div>
---	---	---

**БЕЗРЕДУКТОРНЫЕ ВЭУ  
АО «НОВАВИНД»  
(LAGERWEY – ENERCON)**

**300 – 400  
МВт/год**

**1 ГОНДОЛА И ГЕНЕРАТОР  
БЕЗРЕДУКТОРНОЙ ВЭУ**

г. Волгодонск  
Площадка: Атоммаш  
Ввод в эксплуатацию: 2020 г.

**2 СТАЛЬНАЯ МОДУЛЬНАЯ  
БАШНЯ ВЭУ**

г. Волгодонск  
Площадка: ООО «ВетроСтройДеталь»  
Ввод в эксплуатацию: 2020 г.

**РЕДУКТОРНЫЕ ВЭУ  
SIEMENS GAMESA**

**300 – 400  
МВт/год**

**3 РЕДУКТОРНЫЕ ВЭУ  
SIEMENS GAMESA**

г. Санкт-Петербург  
Площадка: ООО «Сименс  
Технологии Газовых Турбин»  
Ввод в эксплуатацию: 2019 г.

**РЕДУКТОРНЫЕ ВЭУ  
VESTAS**

**300 – 400  
МВт/год**

**4 ГОНДОЛА ВЭУ**

г. Дзержинск  
Площадка: ООО «Либхерр-Нижний  
Новгород»  
Ввод в эксплуатацию: 2018 г.

**5 ЛОПАСТИ ВЭУ**

г. Ульяновск  
Площадка: АО «Аэрокомпозит  
Ульяновск»  
Ввод в эксплуатацию: 2018 г.

**6 БАШНИ ВЭУ**

г. Таганрог  
Площадка: ПАО «Северсталь»  
Ввод в эксплуатацию: 2018 г.

**7 ГЕТЕРОСТРУКТУРНЫЕ ФЭМ  
ГК ХЕВЕЛ**

**340  
МВт/год**

г. Новочебоксарск  
Площадка: ГК «Хевел»  
Ввод в эксплуатацию: 2015 г.

**8 МУЛЬТИ- /  
МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ  
СЛИТКИ И ПЛАСТИНЫ СОЛАР  
КРЕМНИЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**200  
МВт/год**

г. Подольск  
Площадка: Солар Кремниевые  
технологии  
Ввод в эксплуатацию: 2016 г.

**9 МУЛЬТИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ  
КРЕМНИЕВЫЕ СЛИТКИ И  
10 ПЛАСТИНЫ ХЕЛИОС-Ресурс**

**180  
МВт/год**

г. Мытищи, г. Саранск  
Площадка: ООО «ХЕЛИОС-Ресурс»  
Ввод в эксплуатацию: 2014 г.

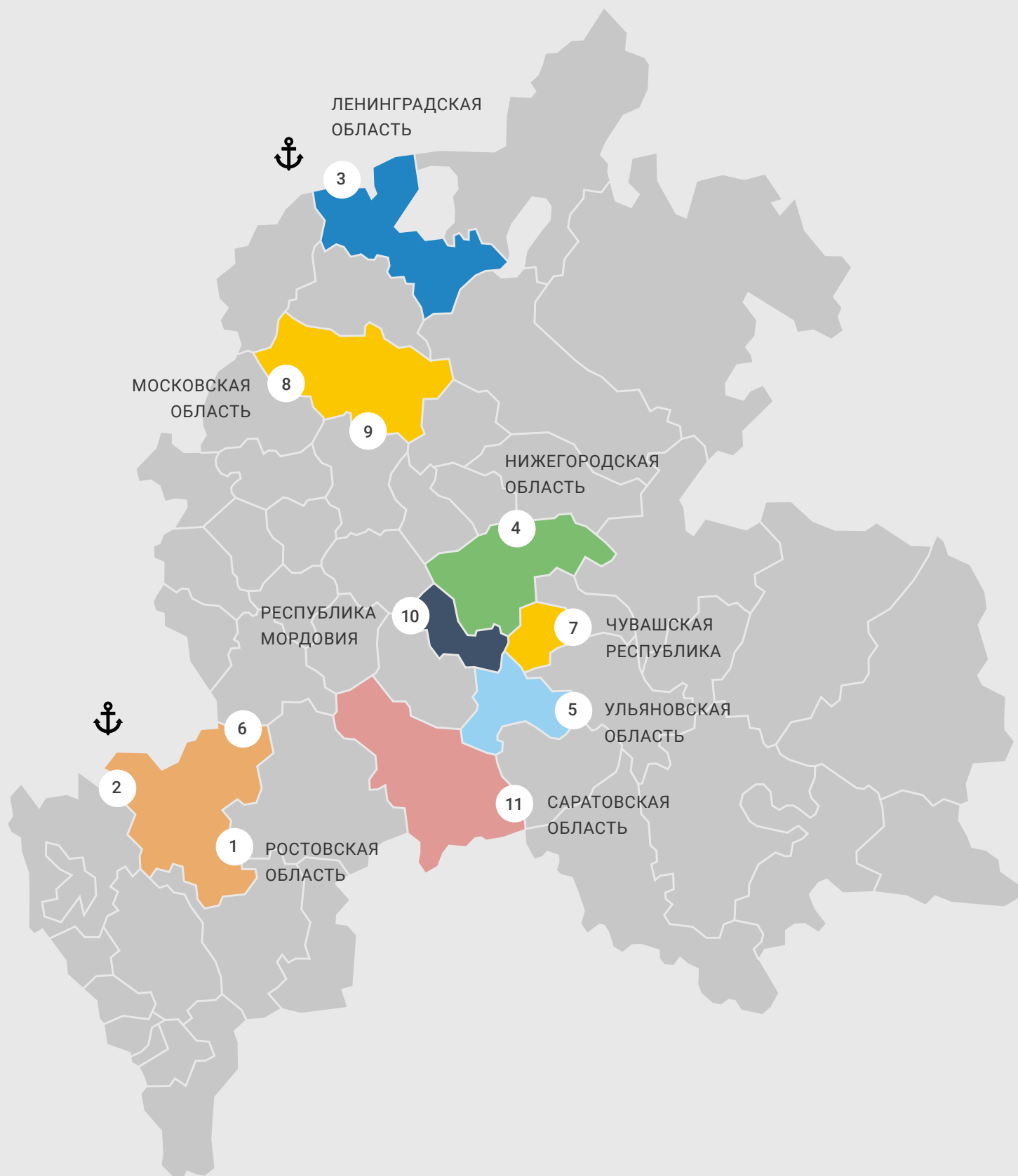
**11 ГИДРОСИЛОВОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ  
ДЛЯ МГЭС  
ООО «ФОЙТ ГИДРО»**

г. Балаково, Саратовская область  
Площадка: ООО «ФОЙТ Гидро»  
Ввод в эксплуатацию: 2019 г.

*Производство оборудования для МГЭС  
осуществляется также на предприятиях  
традиционных производителей  
гидроагрегатов и тяжёлой промышленности:*

- ПАО «Силовые машины»
- АО «Тяжмаш»
- ООО «Русэлпром»
- ПАО НПО «Элсиб»





# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Требования по локализации производства основного и вспомогательного оборудования, используемого при строительстве генерирующих объектов на основе ВИЭ, привели к созданию нового отечественного высокотехнологичного машиностроительного кластера по производству компонентов оборудования для солнечной и ветровой энергетики, мировой спрос на которые постоянно растет.

Компании работают над расширением кооперационных связей с российской промышленностью, включая всё больше отечественных производителей материалов и комплектующих в свои цепочки поставок. Отечественные поставщики материалов и комплектующих при этом проходят сложные процедуры квалификации, в ходе которых они должны подтвердить соответствующее качество продукции. Прохождение квалификации по высоким требованиям вендоров открывает российским поставщикам возможности выхода на глобальные рынки поставок для высокотехнологичной растущей отрасли ветроэнергетики.

Наряду с трансфером технологий производства оборудования, компании также осуществляют трансфер компетенций: существенная доля инвестиций в проектах направляется на обучение сотрудников, которое, как правило, осуществляется на зарубежных производствах технологических партнеров.

По предложению Минпромторга России после 2024 года требования по степени локализации для генерирующих объектов будут превышать 90 % и 100 % для генерирующих объектов ветровой и солнечной энергетики соответственно. При этом поставщики оборудования должны будут осуществлять экспорт продукции на уровне не менее 10 % от капитальных вложений с поэтапным доведением этого показателя до 15 % к 2035 году в рамках осуществления национального проекта «Международная кооперация и экспорт».







# СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АРВЭ** — Ассоциация развития возобновляемой энергетики
- БМИУ** — Блочно-модульные инверторные установки
- ВИЭ** — Возобновляемые источники энергии
- ВЭС** — Ветряная электростанция
- ВЭУ** — Ветроэлектрическая установка
- ГВт** — Гигаватт
- ДПМ ВИЭ** — Договор поставки мощности
- ИБП** — Источники бесперебойного питания
- кВт\*ч** — Киловатт-час
- КИУМ** — Коэффициент использования установленной мощности
- КТП ГИ** — Комплектные трансформаторные подстанции с инверторным преобразователем постоянного тока
- КШПТ** — Коммутационные шкафы постоянного тока
- МВт** — Мегаватт
- МГЭС** — Малая гидроэлектростанция (до 25 МВт)
- НТЦ** — Научно-технический центр
- ОРЭМ** — Оптовый рынок электрической энергии и мощности
- СПИК** — Специальный инвестиционный контракт
- СЭС** — Солнечная электростанция
- ФЗ** — Федеральный закон
- ФЭМ** — Фотоэлектрический модуль
- ФЭП** — Фотоэлектрические преобразователи
- НJT** — Heterojunction technology — гетероструктурная технология
- LCOE** — Levelized Cost of Energy — нормированная стоимость электрической энергии
- ОЕМ** — Original Equipment Manufacturer — производитель оригинального оборудования
- PERC** — Passivated Emitter Rear Cell — пассивированный излучатель тыльной стороны

Фотографии предоставлены компаниями: УК «Роснано», ГК «Хевел», ООО «Солар Системс», ПАО «Энел Россия», ООО «Вершина Девелопмент», ООО «Солар Кремниевые технологии», АО «НоваВинд», ООО «ХЕЛИОС - Ресурс», ООО «ВетроСтройДеталь», ООО «Вестас Рус»



# КОНТАКТЫ

123610, Москва,  
Краснопресненская набережная., д.12,  
подъезд 6, офис 1002.

телефон: +7 (495) 115-10-34  
e-mail: [info@rreda.org](mailto:info@rreda.org)  
[www.rreda.ru](http://www.rreda.ru)

