



АО «Научно-технический центр
Единой энергетической системы
(Московское отделение)»

НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ В СОСТАВЕ ЕЭС РОССИИ

Петр Антонов, главный инженер АО «НТЦ ЕЭС (Московское отделение)»

«RENWEX 2019», панельная дискуссия «НОРМАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ. ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОНЕНТОВ ВИЭ:
ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ»
Москва, 18 июня 2019 г.



Нормативная основа создания и развития ВИЭ на территории РФ

Федеральный закон от 26.03.2006 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике»

Распоряжение
Правительства РФ от
08.01.2009 № 1-р

Постановление
Правительства РФ
от 20.10.2010 № 850

Постановление
Правительства РФ
от 10.11.2015 №1210

План мероприятий
(дорожная карта) от
28.12.2017 № 9968п-П9

Постановление
Правительства РФ
от 28.05.2013 №449

❑ Установлены целевые показатели развития ВИЭ по видам до 2024 года:

Виды генерирующих объектов	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	ВСЕГО
Энергия ветра	-	51	50	200	400	500	500	500	500	500	75,8	3276,8
Энергия солнца	35,2	140	199	250	270	270	270	162,6	162,6	-	-	1759,4
Энергия воды	-	-	-	124	-	49,8	109,2	35,6	35,6	35,6	-	389,8
ИТОГО	35,2	191	249	574	670	819,8	879,2	698,2	698,2	535,6	75,8	5426

- ❑ Установлены целевые показатели степени локализации производства основного и/или вспомогательного генерирующего оборудования
- ❑ Определены механизмы поддержки ВИЭ (ДПМ ВИЭ, КОМ ВИЭ, субсидии)
- ❑ Разработаны мероприятия для исключения избыточных требований к проектированию, строительству и эксплуатации объектов ВИЭ



Основные требования, предъявляемые к инвестиционным проектам по строительству ВЭС

Установленная мощность:
не менее 5 МВт, КИУМ – 27%

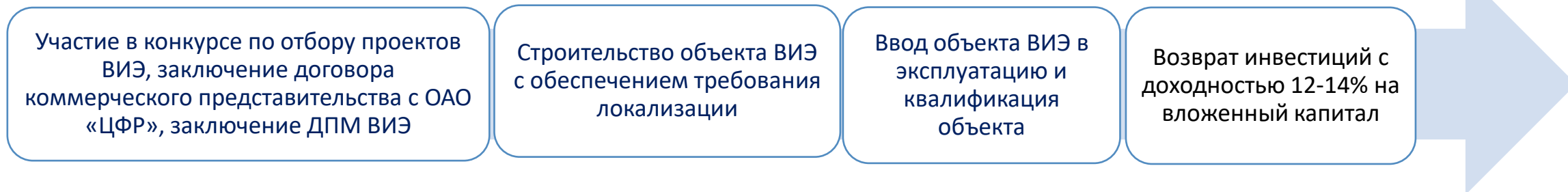
Предельная величина CAPEX на возведение 1 кВт установленной мощности ВЭС:

Год	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
CAPEX, руб./кВт	110 000	109 890	109 780	109 670	109 561	109 451	109 342	109 232	109 123	109 014

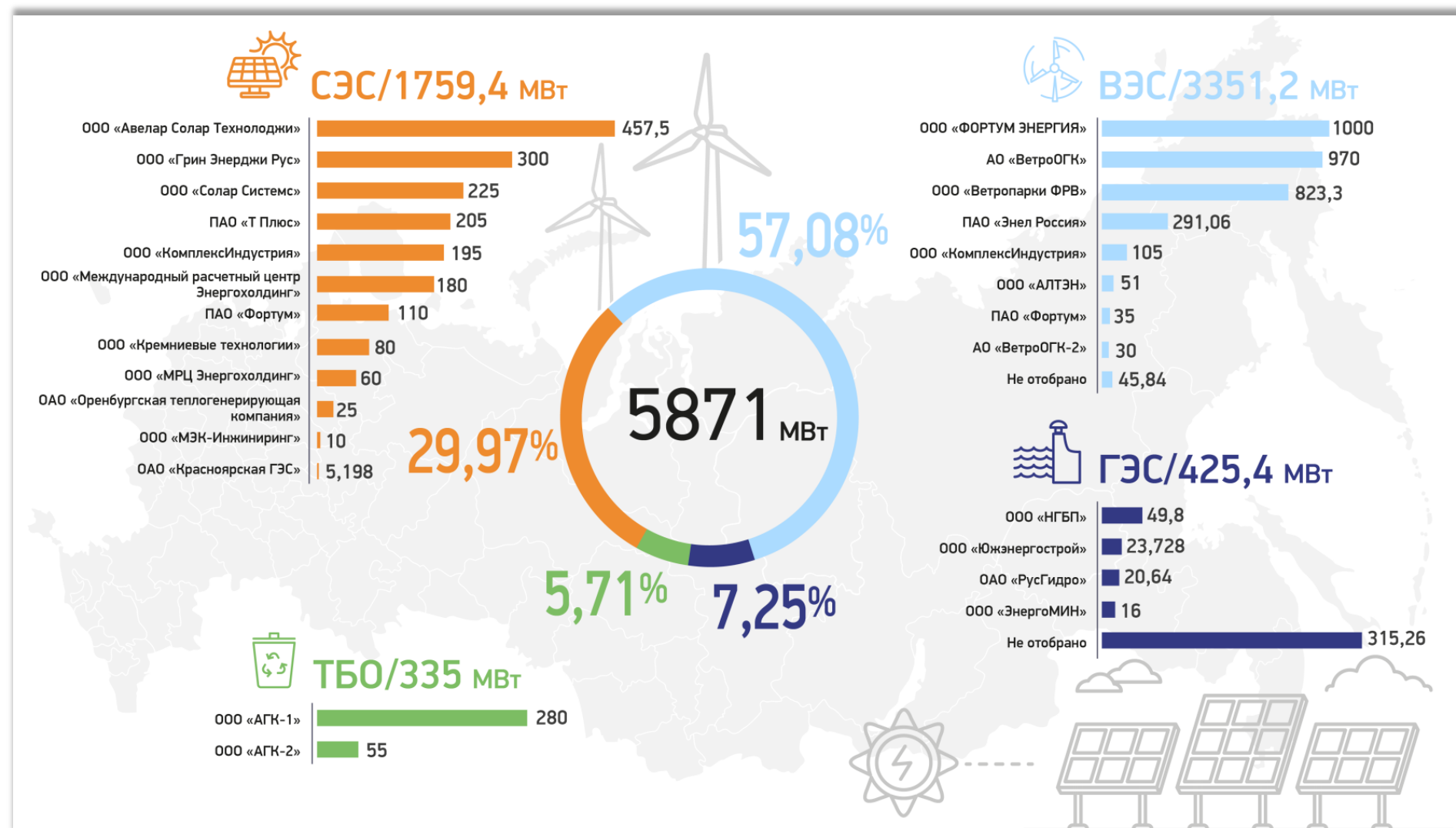
Степень локализации оборудования ВЭС:

Год	2016	2017	2018	2019 и далее
Локализация, %	25	40	55	65

Порядок реализации проектов ВИЭ:

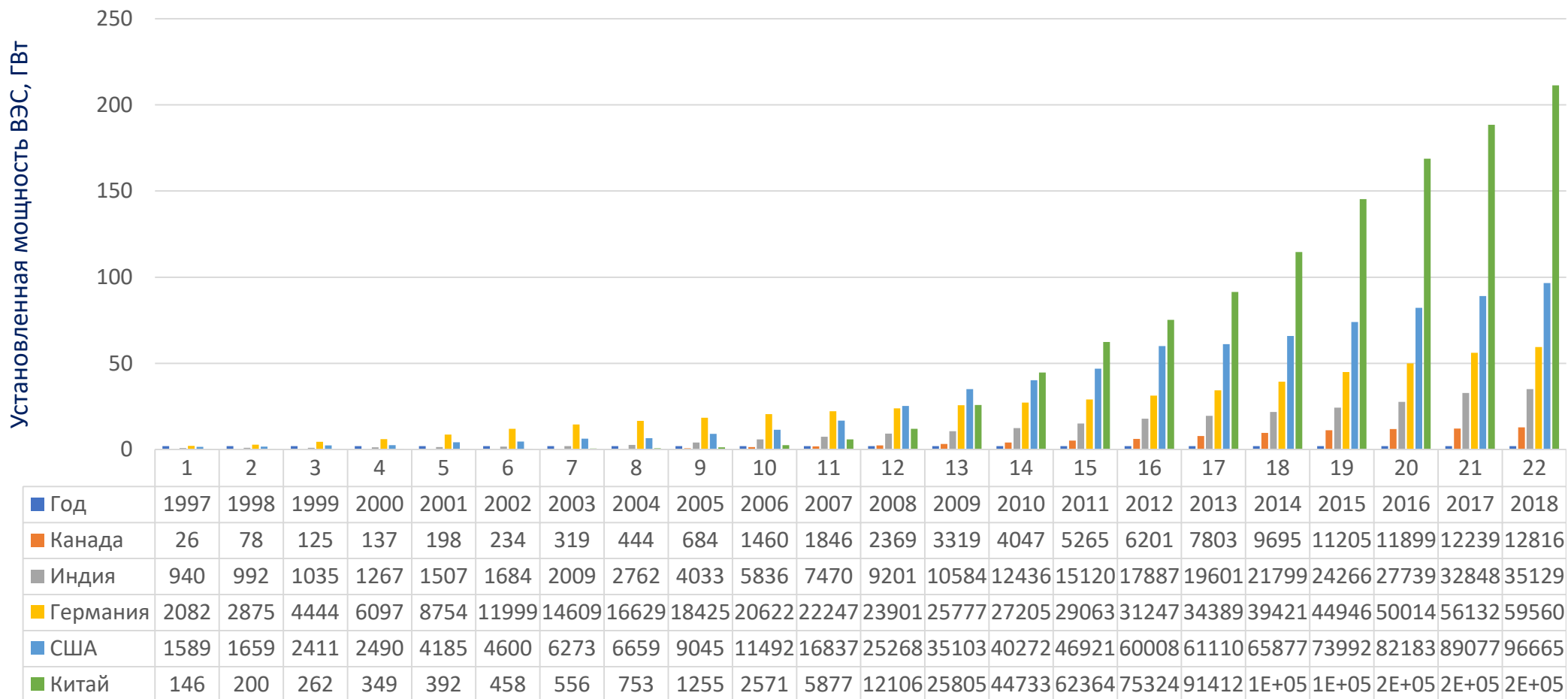


Результаты конкурсного отбора проектов ВИЭ за период 2013-2018 гг.



Динамика изменения установленной мощности ВЭС в мире

Установленная мощность ВЭС в России по состоянию на 01.06.2019 – 186,6 МВт



Постановление Правительства РФ от 13.08.2018 №937 (Об утверждении ПТФ ЭЭС)

Положения ПП РФ, регулирующие функционирование ВЭС:

- ❑ Величина располагаемой мощности ветроэнергетических установок и фотоэлектрических солнечных модулей определяется с учетом силы ветра и инсоляции;
- ❑ **Закреплена требуемая продолжительность работы оборудования ветроэнергетических установок/фотоэлектрических солнечных модулей при изменении частоты электрического тока;**
- ❑ Ветроэнергетические установки, фотоэлектрические солнечные модули или их группы, работающие в составе энергосистемы через один преобразователь постоянного тока или на одно распределительное устройство напряжением 10 кВ и выше, обеспечивают возможность разгрузки по активной мощности в пределах регулировочного диапазона со скоростью не менее 10 % в минуту от номинальной мощности ветроэнергетической установки, фотоэлектрического солнечного модуля или их группы.
- ❑ **Объем технических решений по выдаче мощности СЭС или ВЭС должен обеспечивать в нормальной схеме выдачу максимальной располагаемой мощности электростанции. При нормативных возмущениях в нормальной схеме допускается применение противоаварийного управления.**
- ❑ Закреплена возможность выдачи мощности ВЭС без необходимости резервирования элементов выдачи мощности (п.188).



Постановление Правительства РФ от 13.08.2018 №937 (Об утверждении ПТФ ЭЭС)

Внесение изменений в нормативные акты Правительства Российской Федерации и требования по разработке и утверждению дополняющих нормативных актов:

- ❑ Внесены изменения в ПП РФ от 27.12.2004 № 861, в том числе добавлены требования в части порядка подачи заявки на технологическое присоединение электростанции, мощностью более 5 МВт. При подаче заявки на ТП должна быть также предоставлена схема выдачи мощности, **разработанная заявителем и согласованная** им с сетевой организацией и Системным оператором.
- ❑ Согласно ПП РФ от 13.08.2018 №937 требуется разработать и утвердить **35 нормативных актов**:
 - в 6-месячный срок – 16 нормативных актов (5 нормативных актов разработаны и утверждены в 2018 году);
 - в 12-месячный срок – 14 нормативных актов;
 - в 18-месячный срок – 5 нормативных актов.
- Одним из требуемых к разработке и утверждению в 18-месячный срок нормативным актом является:
«Правила разработки и согласования схем выдачи мощности объектов по производству электрической энергии и схем внешнего электроснабжения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии»



Утвержденные в 2018-2019 гг. нормативно-правовые акты, регулирующие функционирование ВЭС

Приказ Минэнерго №2 от 09.01.2019 «Об утверждении требований к участию генерирующего оборудования в общем первичном регулировании частоты и внесении изменений в правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ, утверждённые приказом Минэнерго России от 19 июня 2003 г. №229»

- ☐ Установлены требования для участия в ОПРЧ генерирующего оборудования СЭС, ВЭС, ВОЛЭС (участие в ОПРЧ только на разгрузку по активной мощности).
- ☐ Испытания по проверке готовности к участию ОПРЧ генерирующего оборудования СЭС и ВЭС должны включать опыты только на разгрузку.

Приказ Минэнерго №630 от 03.08.2018 «Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок «Методические указания по устойчивости энергосистем»

- ☐ В перечень нормативных возмущений добавлено возмущение с появлением аварийного небаланса активной мощности, связанного с снижением активной мощности солнечных/ветровых электростанций.

Примечание: Под снижением активной мощности солнечных/ветровых электростанций понимается снижение мощности электростанций, расположенных в одном энергоузле в течение 10 минут вследствие изменения погодных условий (освещенность, сила и направление ветра), определенное на основании фактической (статистической) информации



НТД, регулирующие функционирование ВЭС

Действующие НТД

- ☐ ГОСТ Р 51237-98 Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Термины и определения
- ☐ ГОСТ Р 51990-2002 Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Классификация
- ☐ ГОСТ Р 51991-2002 Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Общие технические требования
- ☐ ГОСТ Р 54433-2011 Возобновляемая энергетика. Ветроэлектростанции. Требования по безопасности при эксплуатации
- ☐ ГОСТ Р 54435-2011 Возобновляемая энергетика. Сооружения ветроэлектростанций. Требования безопасности. Основные положения
- ☐ ГОСТ Р 54531-2011 Нетрадиционные технологии. Возобновляемые и альтернативные источники энергии. Термины и определения
- ☐ ГОСТ Р 54418.1-2012 Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Часть 1. Технические требования
- ☐ ГОСТ Р 55618-2013 Руководство по оснащению электростанций оборудованием. Часть 5-3. Ветроустановки
- ☐ ГОСТ Р 55619-2013 Возобновляемая энергетика. Установки ветроэнергетические. Меры защиты. Требования к проектированию, эксплуатации и техническому обслуживанию
- ☐ ГОСТ Р 55620-2013 Установки ветроэнергетические. Электромагнитная совместимость
- ☐ ГОСТ Р 54418.2-2014 Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Часть 2. Технические требования к малым ветроэнергетическим установкам

Разрабатываемые НТД

- ☐ Проект ГОСТ Р. Электроэнергетика. Распределенная генерация. Технические требования к объектам генерации на базе ветроэнергетических установок
- ☐ Пересмотр ГОСТ Р 54418.1-2012 Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Часть 1. Технические требования
- ☐ Проект ГОСТ Р. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Распределенная генерация. Термины и определения



Проект национального стандарта «Электроэнергетика. Распределенная генерация. Технические требования к объектам генерации на базе ветроэнергетических установок»

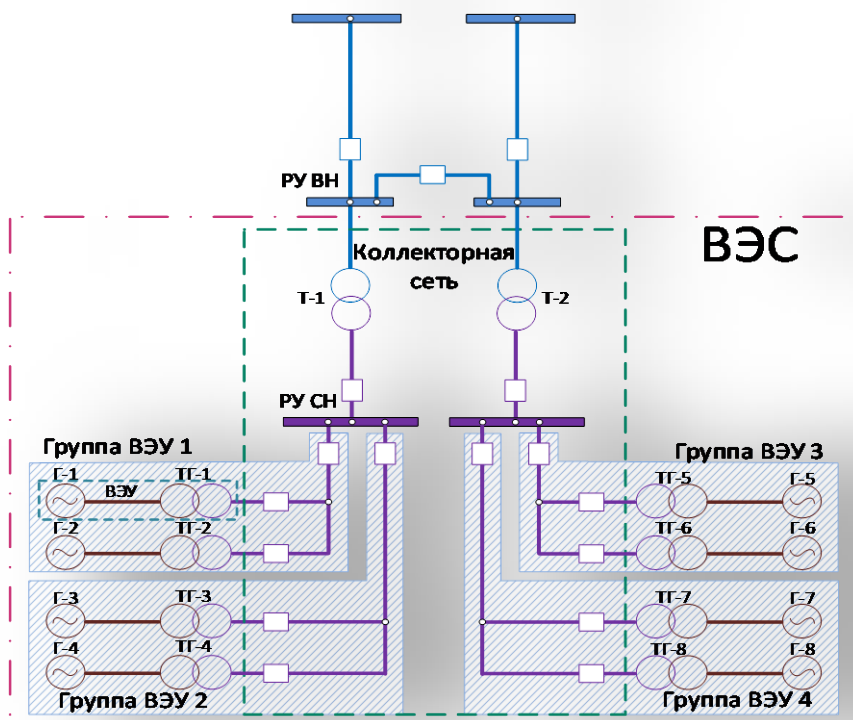
Основные разделы проекта национального стандарта включают следующие технические требования к ВЭУ и ВЭС при их работе в составе ЕЭС России и технологически изолированных электроэнергетических системах:

- ☐ Требования к ВЭУ по допустимой длительности работы в различных диапазонах частот
- ☐ Требования к ВЭУ по допустимой длительности работы в различных диапазонах напряжения
- ☐ Требования к участию ВЭС в ОПРЧ
- ☐ Требования к участию ВЭС в регулировании активной и реактивной мощности
- ☐ Требования к автоматизированной системе управления технологическим процессом на ВЭС
- ☐ Требования к схеме выдачи мощности ВЭС
- ☐ Требования к обеспечению устойчивости ВЭУ
- ☐ Требования условиям включения и/или синхронизации ВЭУ



Термины и определения

Группа ветроэнергетических установок – одна ветроэнергетическая установка и более, связанные между собой совокупностью электросетевого оборудования и электрических связей, подключаемые к электрической сети посредством общего выключателя



Ветроэлектрическая станция – группа или совокупность групп ветроэнергетических установок, находящаяся у одного лица на праве собственности или на ином законном основании, присоединенная к одному или нескольким соединенным (авто-)трансформаторной связью распределительным устройствам и (или) объединенная единой коллекторной сетью, представляющая собой единый технологический комплекс, имеющий общую локально внедренную автоматизированную систему управления

Коллекторная сеть – совокупность элементов электрической сети, включающая в себя ЛЭП и электросетевое оборудование, расположенное между выводными клеммами ветроэлектрической установки и распределительным устройством высшего напряжения, через которое осуществляется выдача мощности электростанции в сеть



Технологическое присоединение к электрическим сетям

Правила технологического присоединения (...) к электрическим сетям
утв. постановлением Правительства РФ
от 27.12.2004 № 861



Технологическое присоединение это процедура присоединения энергопринимающих устройств к электрическим сетям сетевой организации

Этапы технологического присоединения:

1. Подача заявки на присоединение

3. Выполнение мероприятий по присоединению

5. Фактическое присоединение и подача напряжения

Разработка СБМ/СВЭ

2. Подписание договора на присоединение

4. Получение разрешения РТН на допуск в эксплуатацию

6. Подписание акта о ТП и сопутствующих документов

(!) Процедура технологического присоединения объектов ВЭС/СЭС не отличается от аналогичной процедуры для любых объектов генерации. СБМ является обязательной для объектов установленной мощностью 5 МВт и более

НО!

ВЭС/СЭС, установленная генерирующая мощность которых составляет **не более 25 МВт**, вправе получить из федерального бюджета субсидии для компенсации стоимости технологического присоединения (постановление Правительства РФ от 20.10.2010 г. № 850). Правила предоставления таких субсидий утверждены приказом Минэнерго России от 22.07.2013 №380

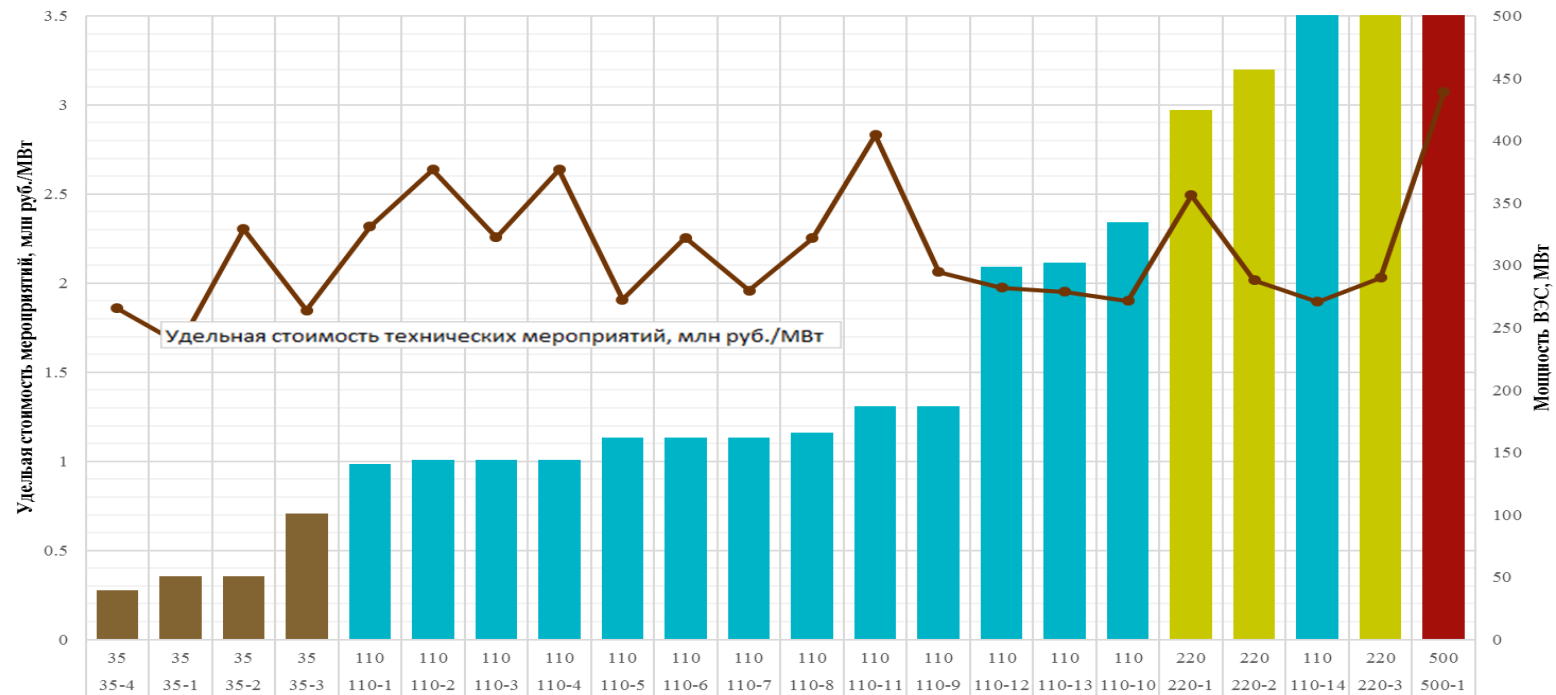


Новые требования к СВМ ВЭС/СЭС

Сокращение затрат на реализацию СВМ



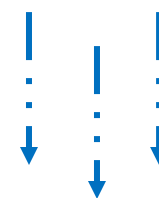
Результат применения нового подхода к СВМ ВЭС/СЭС



* на диаграмме изображено распределение максимальной мощности ВЭС и удельной стоимости реализации для различных вариантов СВМ в электрическую сеть номинального напряжения 35-500 кВ в рамках рассмотрения одной площадки

Характеристика СВМ
на примере варианта
220-2:

Традиционный
подход:
265 МВт
3,4 млн руб./МВт



Новый подход:
450 МВт
2 млн руб./МВт

Сокращение затрат обусловлено изменением критерия определения требований к пропускной способности элементов СВМ и прилегающей электрической сети





АО «Научно-технический центр
Единой энергетической системы
(Московское отделение)»

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ

АО «Научно-технический центр Единой энергетической системы (Московское отделение)»

Адрес: Россия, 109074, г. Москва, Китайгородский проезд, д. 7, стр. 3

Телефон: +7 (499) 788 18 49

E-mail: ntc-msk@so-ups.ru ntc-msk.ru



Практика разработки СВМ ВЭС. Этапы 1.1-1.2

Существенные условия	Обязательства, действия
Расчеты УР выполнять на верифицированных РМ	Согласование РМ для УР с СО, расчеты УР на Этапе 1 необходимо выполнять с перетоками в контролируемых сечениях на уровне МДП
Определение оптимальной мощности ВЭС	Рассмотрение значительного числа вариантов СВМ при минимальном объеме нового строительства и реконструкций, определение для каждого варианта СВМ предельной мощности ВЭС. Условие: набрать требуемую минимальную мощность ВЭС
Не допускается ОГ ВЭС в нормальной схеме	Расчеты УР в нормальной схеме. Загрузка ЛЭП и оборудования в нормальной схеме не должна превышать ДДТН. Капитальное строительство для реализации СВМ и при необходимости усиление сети.
Допускается ОГ ВЭС вплоть до 0 МВт в ремонтных схемах или при АО в нормальной схеме	При превышении ДДТН: ОГ ВЭС действиями оперативного персонала. При превышении АДТН: ОГ ВЭС действием ПА.
	Требования к СВМ группы ВЭС и виды расчетов УР аналогичны Этапу 1
Мощность ВЭС в регионе определена ДПМ	В случае необходимости дополнительных мероприятий по развитию электрической сети, связанных с совместно функционирующими ВЭС возможна корректировка результатов Этапа 1: - снижение мощности ВЭС до величины ДПМ, - дополнительные мероприятия по усилению сети.



Практика разработки СВМ ВЭС. Этапы 2

Этап 2. Разработка СВМ ВЭС

Для рекомендованного Заказчиком варианта выполняется разработка СВМ ВЭС с уточнением капитальных вложений, Объем расчетов и требования к СВМ соответствуют типовой форме ТЗ на разработку СВМ ВЭС, размещенной на официальном сайте АО «СО ЕЭС»:

Расчеты статической Устойчивости	• Выполнение расчетов установившихся режимов на год ввода и на перспективу для различных режимов работы, с учетом нормативных возмущений • Анализ и проверка принятых схемных решений
Расчеты статической Устойчивости	• Выполнение расчетов установившихся режимов на год ввода и на перспективу для различных режимов работы, с учетом нормативных возмущений • Анализ и проверка принятых схемных решений
Разработка основных технических решений	• Основные технические решения по оснащению электрической сети и электростанции оборудованием РЗ, АПВ, АВР, ПА, РА, РАС, ОМП, СМПР, Связь, АСДУ, АИИС КУЭ, СОТИ АССО
Расчет капитальных затрат	• Капитальные затраты на реализацию рекомендуемого варианта схемы выдачи мощности электростанции (с разделением затрат между электростанцией и сетевыми организациями)

Для предотвращения существенного изменения капитальных затрат на реализацию СВМ по причине необходимости выполнения капитального строительства для компенсационных мероприятий по восстановлению МДП в сечениях расчеты УР на Этапе 1 необходимо выполнять с перетоками в контролируемых сечениях на уровне МДП

Результаты подлежат согласованию с АО «СО ЕЭС», третьими лицами и являются основанием для формирования мероприятий в рамках процедуры технологического присоединения.



Этап разработки вариантов СВМ (Этап 1.1)



Решается важная оптимизационная задача – определение максимальной рекомендуемой мощности ВЭС для площадки и соответствующего ей варианта СВМ, удовлетворяющего критериям:

- ☐ минимальные удельные затраты на реализацию мероприятий по электросетевому строительству;
- ☐ максимальное использование потенциала площадки по мощности ВЭС;
- ☐ минимальные риски, связанные с необходимостью оснащения прилегающих объектов устройствами РЗА и связи.



Расчет электроэнергетических режимов для рекомендуемого варианта (Этап 2.1)

Выполняемые работы	Критерии	Мероприятия		
		Для традиционных электростанций	Для ВЭС/СЭС	
Расчеты ТКЗ	Нарушение параметров коммутационного оборудования	Реконструкция объектов электрической сети	Реконструкция объектов электрической сети	Расчеты проводятся
Расчеты статической устойчивости	Снижение МДП в КС в нормальной схеме	Компенсационные мероприятия по усилению электрической сети	Компенсационные мероприятия по установке устройств ПА	Расчеты проводятся
	Снижение МДП в КС в ремонтных схемах	Компенсационные мероприятия по установке устройств ПА	Компенсационные мероприятия по установке устройств ПА	Расчеты проводятся
Расчеты динамической устойчивости	Нарушение динамической устойчивости вновь вводимого и существующего ГО	Мероприятия по реконструкции объектов электрической сети, установке устройств ПА, реконструкции или модернизации устройств РЗ	Не требуются	Расчеты НЕ проводятся

* с применением инверторного оборудования



Разработка основных технических решений по РЗ, СА, ПА, РА, связи, РАС, ОМП, СМПР, АСДУ, АИИС КУЭ, СОТИ АССО (Этап 2.2)

Выполняемые работы	Критерии	Мероприятия	
		Для традиционных электростанций	Для ВЭС/СЭС
ОТР РЗ	Обеспечение требований норм проектирования	Мероприятия по установке устройств РЗ с учетом появления нового источника подпитки токов к.з.	Мероприятия по установке устройств РЗ с учетом появления новых объектов электросетевого хозяйства. Подпитка несущественна
ОТР ПА	Обеспечение допустимых параметров электроэнергетического режима	В соответствии с результатами расчетов УР, СУ, ДУ и ТКЗ	В соответствии с результатами расчетов УР, СУ и ТКЗ
ОТР ЧДА	Обеспечение возможности выделения электростанции на изолированную работу.	Требуются	Не требуются
ОТР СА, РА, связь, АИИС КУЭ, СОТИ АССО	Обеспечение нормативных требований к объектам электросетевого хозяйства и генерации	Требуются	Требуются
Разворот (пуск) полностью остановленной электростанции		Требуется разработка схемы подачи напряжения	Не требуются
Обеспечение требований к участию в ОПРЧ		В соответствии с требованиями ПТЭ и иных нормативных документов	В части возможности участия при ликвидации недопустимого повышения частоты (на разгрузку)



Оценка укрупненных капиталовложений

- Мероприятия не различаются
- Мероприятия сокращаются/упрощаются
- Мероприятия исключаются



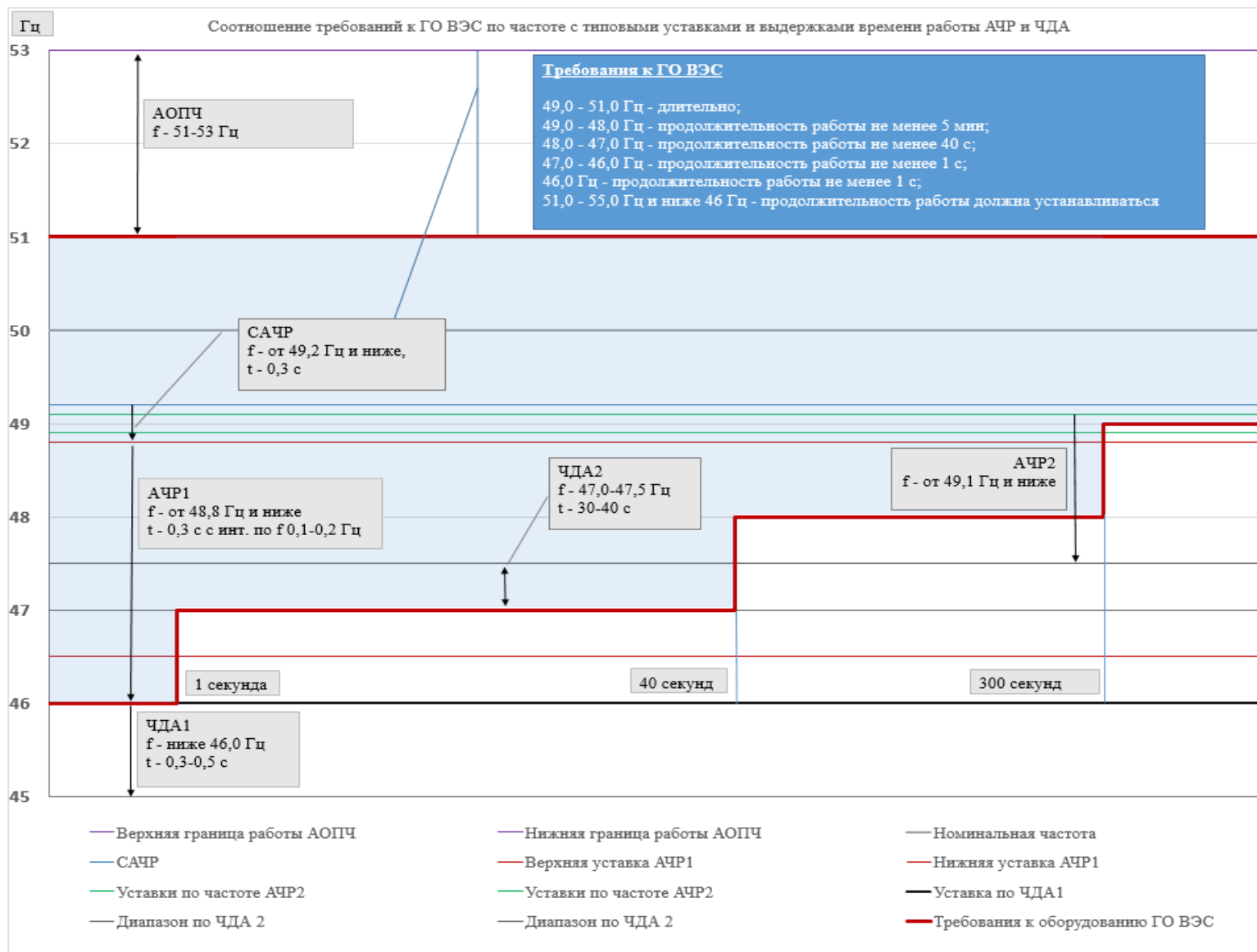
Разработка вариантов и выбор рекомендуемого (Этап 1.1 и Этап 1.2)

Выполняемые работы	Критерии	Мероприятия		
		Для традиционных электростанций (ТЭС, ГЭС)	Для ВЭС/СЭС	
Разработка вариантов СВМ (от площадки до места врезки в прилегающую сеть)	Обеспечение достаточной пропускной способности отходящих элементов в нормальной схеме	Требуются	Требуются, с учетом зависимости располагаемой мощности ВЭС от температуры наружного воздуха, установленной производителем оборудования	Мероприятия не различаются
	Обеспечение достаточной пропускной способности отходящих элементов в единичной ремонтной схеме	Требуются	Не требуются	Мероприятия исключаются
Расчеты УР прилегающей электрической сети для вариантов СВМ	Нарушение параметров режима:			
	в нормальной схеме	Усиление электрической сети	Усиление электрической сети	Мероприятия не различаются
	при нормативном возмущении в нормальной схеме (N-1)	Усиление электрической сети	Отключение генерации ВЭС/СЭС	Мероприятия по усилению электрической сети заменяются ОГ
	в ремонтной схеме (N-1)	Усиление электрической сети	Отключение генерации ВЭС/СЭС	
	при нормативном возмущении в ремонтной схеме (N-2)	Отключение генерации	Отключение генерации ВЭС/СЭС	Мероприятия исключаются

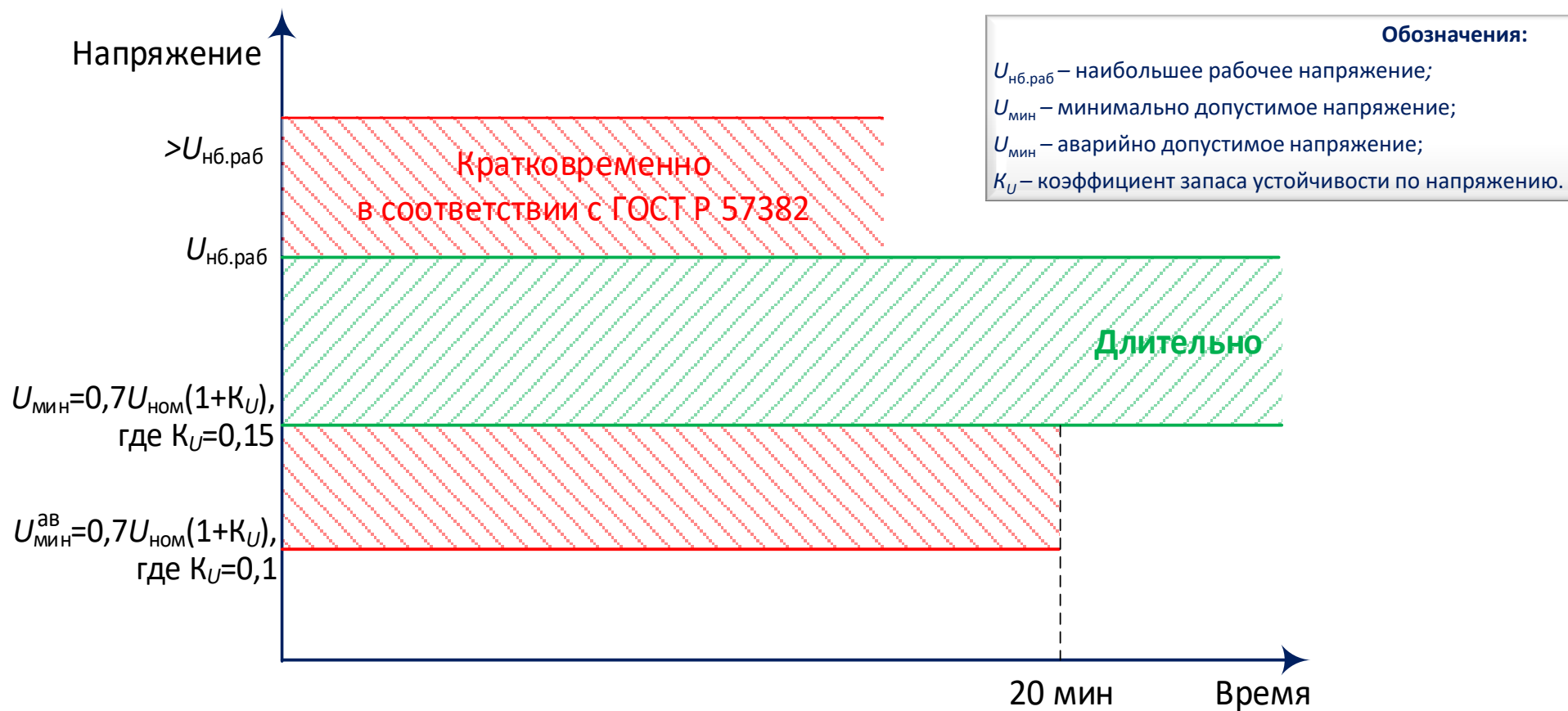
Технико-экономическое сравнение



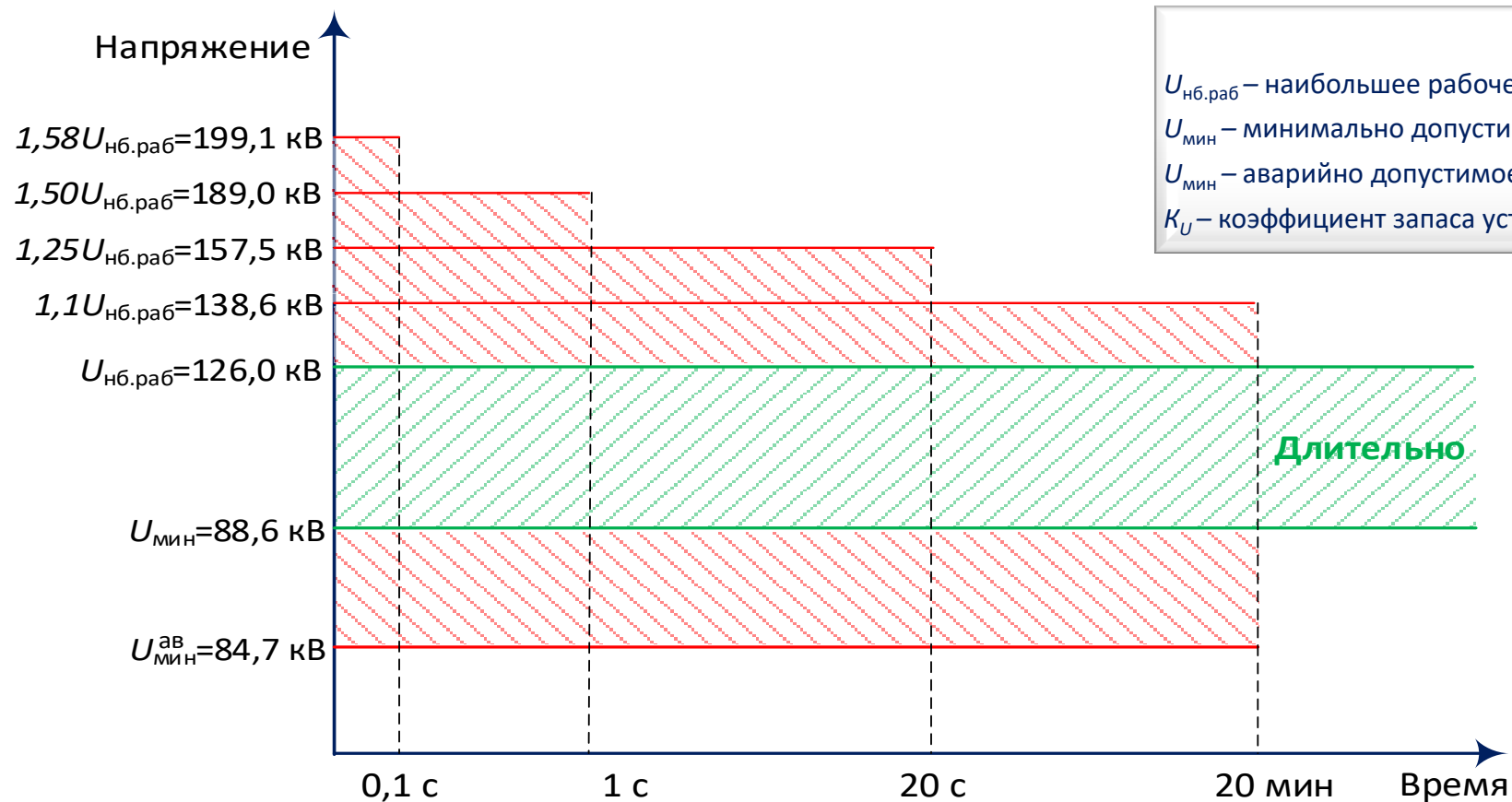
Требования к ВЭУ по допустимой длительности работы в различных диапазонах частоты



Требования к ВЭУ по допустимой длительности работы в различных диапазонах частоты



Требования к ВЭУ по допустимой длительности работы в различных диапазонах напряжения при подключении к сети 110 кВ



Обозначения:

$U_{\text{нб.раб}}$ – наибольшее рабочее напряжение;

$U_{\text{мин}}$ – минимально допустимое напряжение;

$U_{\text{мин}}$ – аварийно допустимое напряжение;

K_U – коэффициент запаса устойчивости по напряжению.



Требования к участию ВЭС в ОПРЧ

8.1 На ВЭС должна быть обеспечена возможность снижения выдаваемой в электрическую сеть активной мощности с целью участия в ОПРЧ при увеличении частоты (соответствует ПТФ ЭЭС, утв. ПП РФ от 13.08.2018 №937).

8.2 Участие ВЭС в ОПРЧ должно осуществляться путем снижения мощности группы или совокупности групп ВЭУ, присоединённой к одному РУ, средствами регулирования активной мощности, либо посредством автоматического отключения группы или совокупности групп ветроэнергетических установок, присоединённой к одному РУ, в соответствии с техническими решениями, принятыми при проектировании.

8.3 Требования к совокупности групп ВЭУ, участвующей в ОПРЧ:

8.3.1 «Мертвая полоса» первичного регулирования в пределах $(50,0 \pm 0,1)$ Гц. Статизм первичного регулирования в пределах от 4,0 % до 5,0 %;

8.3.2 Должно обеспечиваться снижение выдаваемой активной мощности при изменении частоты на величину требуемой первичной мощности, определяемой по формуле: $R_{тп} = - (100/S) \times (P_{исх}/f_{ном}) \times \Delta f_p$.

8.3.3 При увеличении частоты выше верхней границы «мертвой полосы» первичного регулирования не более чем через 10 с должно обеспечиваться снижение активной мощности на величину $R_{тп}$. Снижение активной мощности на величину $R_{тп}$ должно происходить не более чем за 5 с.

8.3.4 На все время, пока квазиустановившееся значение частоты превышает верхнюю границу «мертвой полосы» первичного регулирования, должно устанавливаться ограничение максимальной нагрузки совокупности групп ВЭУ, равное разности между фактической мощностью на момент начала участия в ОПРЧ и значением требуемой первичной мощности.

8.3.5 После снижения частоты ниже верхней границы «мертвой полосы» первичного регулирования должно автоматически ликвидироваться ограничение максимальной нагрузки совокупности групп ВЭУ.

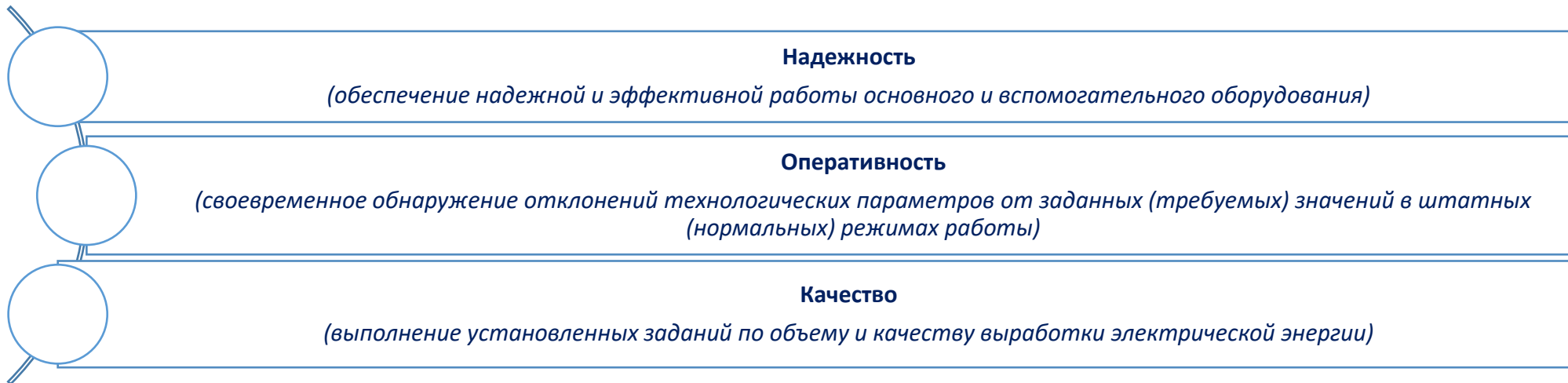


Требования к участию ВЭС в регулировании активной и реактивной мощности

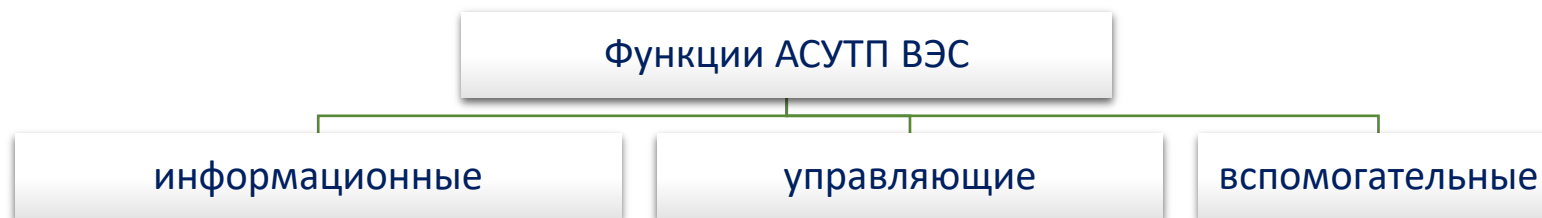


Требования к АСУТП ВЭС

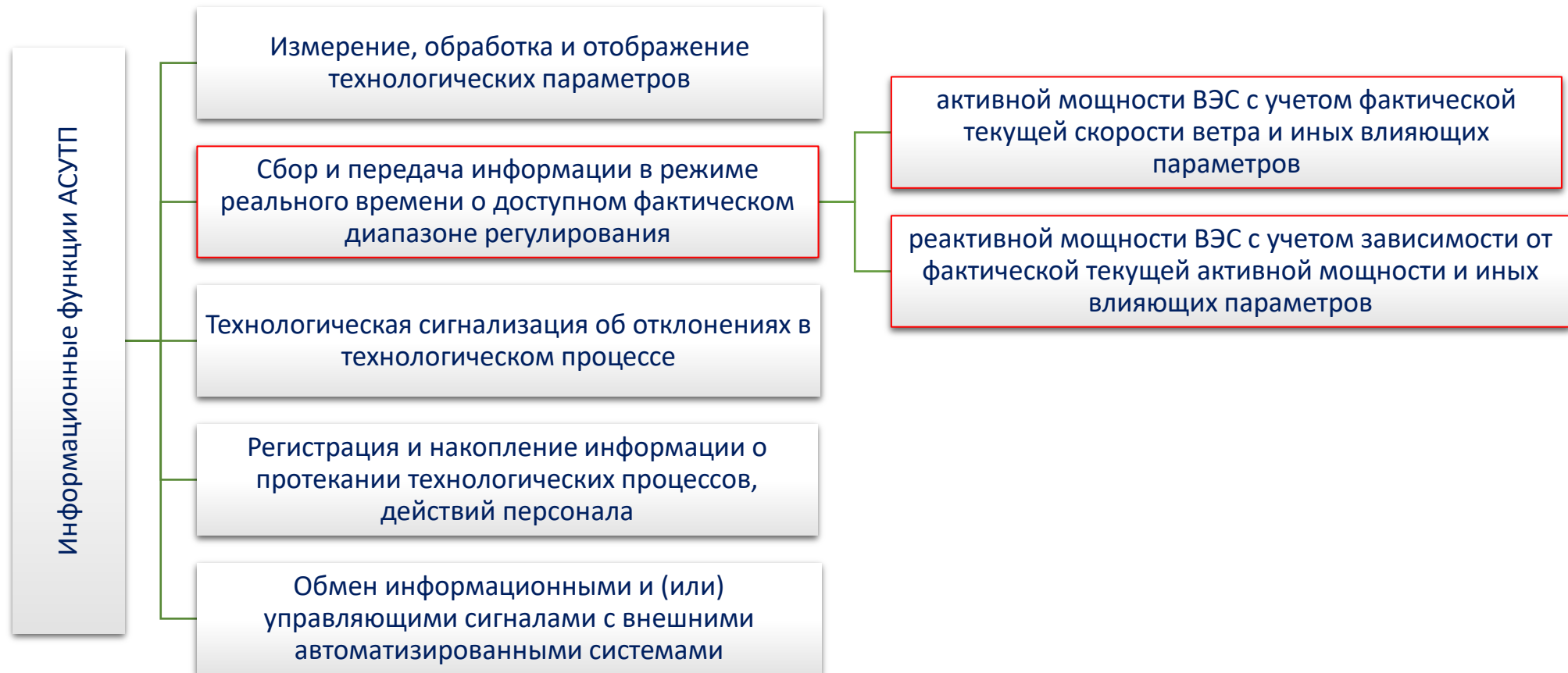
Цели внедрения АСУТП на ВЭС



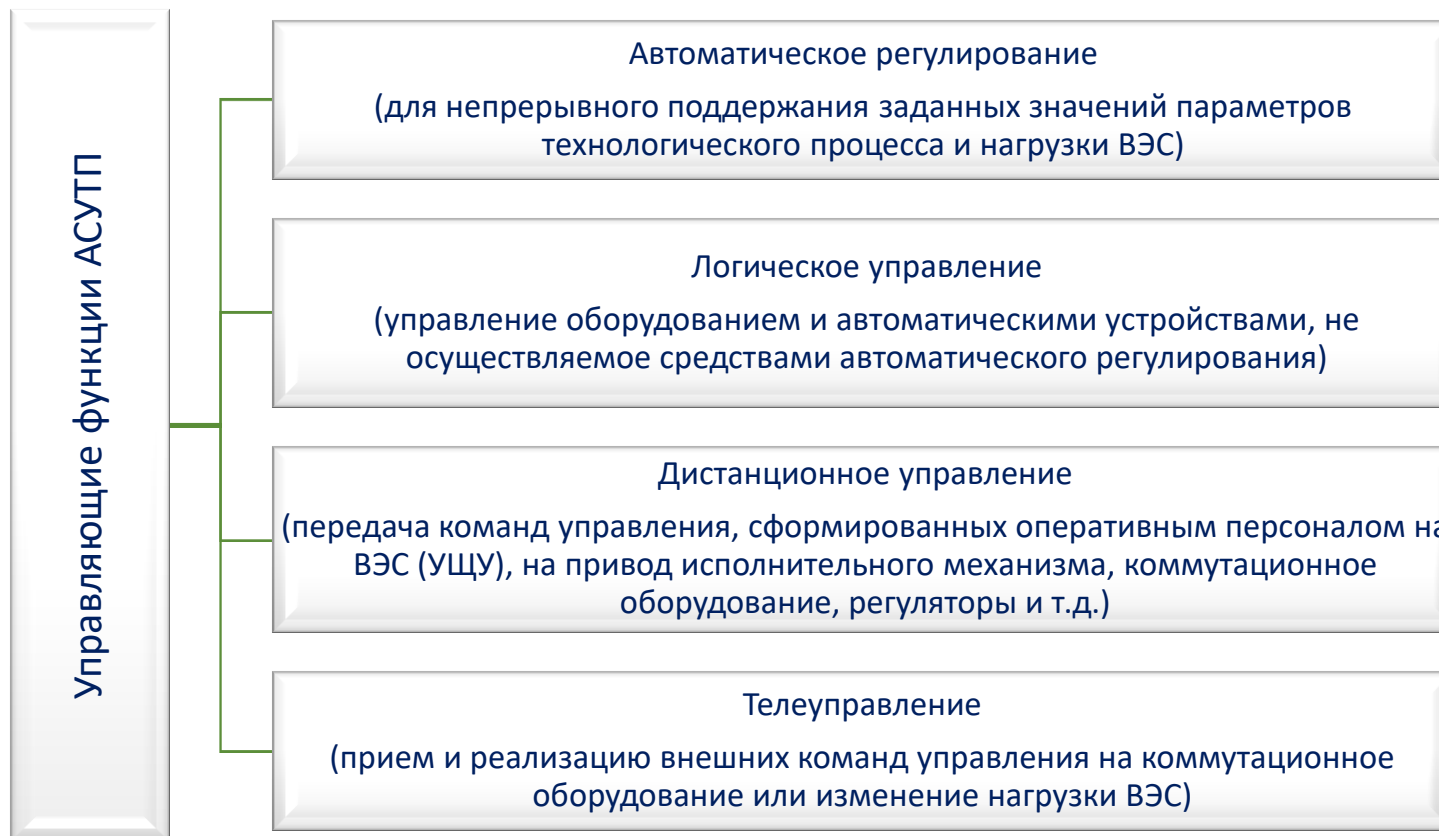
Функция **АСУТП** – это совокупность действий системы, направленных на достижение частной цели управления.



Информационные функции АСУТП



Управляющие функции АСУТП

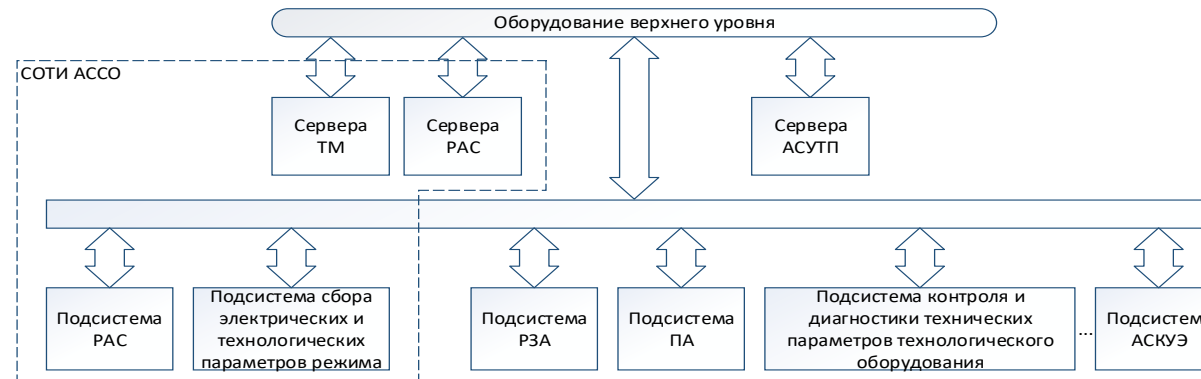


Вспомогательные функции АСУТП



Требования к АСУТП ВЭС

Построение АСУТП электрической части ВЭС



Электроснабжение технических средств АСУТП ВЭС

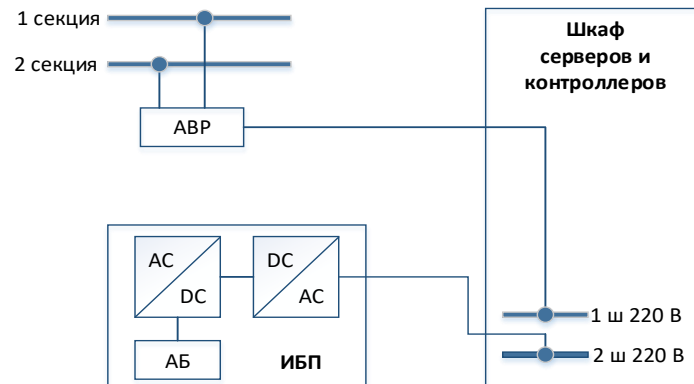


Рисунок 1. Функциональная схема электроснабжения АСУТП при подключении ВЭС к ЕЭС по нескольким ЛЭП

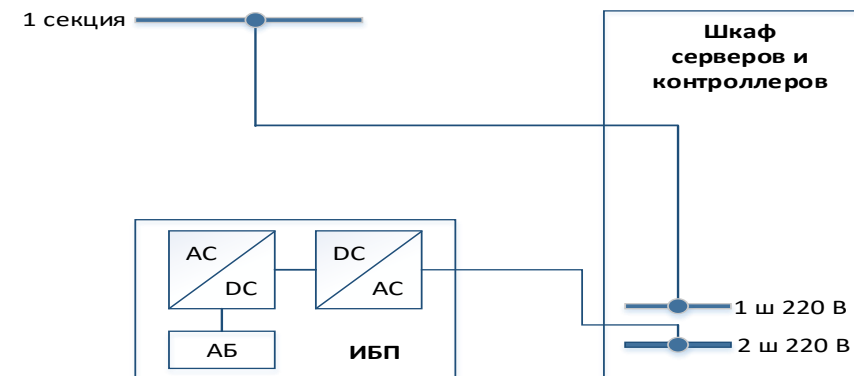
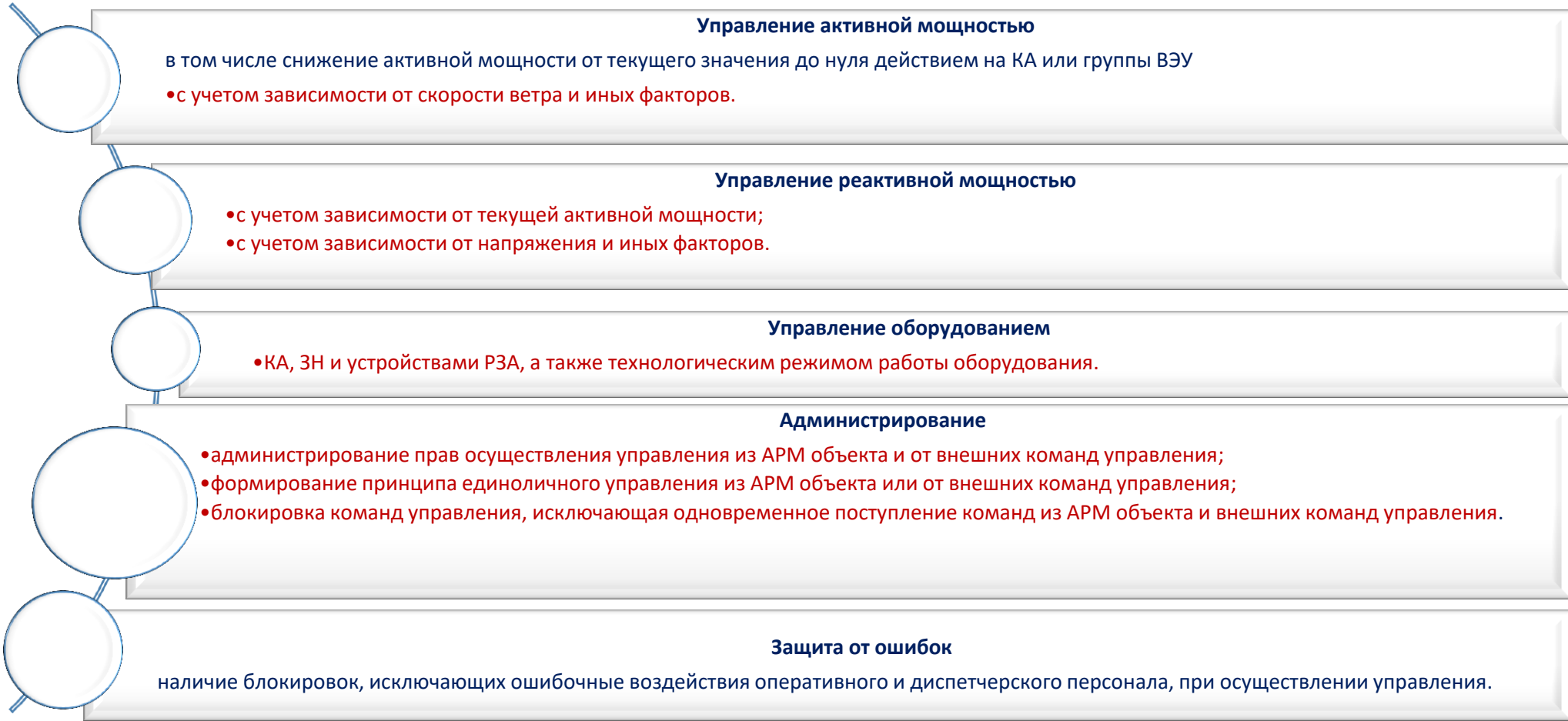


Рисунок 2. Функциональная схема электроснабжения АСУТП при подключении ВЭС к ЕЭС по одной ЛЭП



Требования к АСУТП ВЭС

Состав функций системы дистанционного (теле-) управления оборудованием ВЭС



Управление активной мощностью

в том числе снижение активной мощности от текущего значения до нуля действием на КА или группы ВЭУ

- с учетом зависимости от скорости ветра и иных факторов.

Управление реактивной мощностью

- с учетом зависимости от текущей активной мощности;
- с учетом зависимости от напряжения и иных факторов.

Управление оборудованием

- КА, ЗН и устройствами РЗА, а также технологическим режимом работы оборудования.

Администрирование

- администрирование прав осуществления управления из АРМ объекта и от внешних команд управления;
- формирование принципа единоличного управления из АРМ объекта или от внешних команд управления;
- блокировка команд управления, исключающая одновременное поступление команд из АРМ объекта и внешних команд управления.

Защита от ошибок

наличие блокировок, исключающих ошибочные воздействия оперативного и диспетчерского персонала, при осуществлении управления.



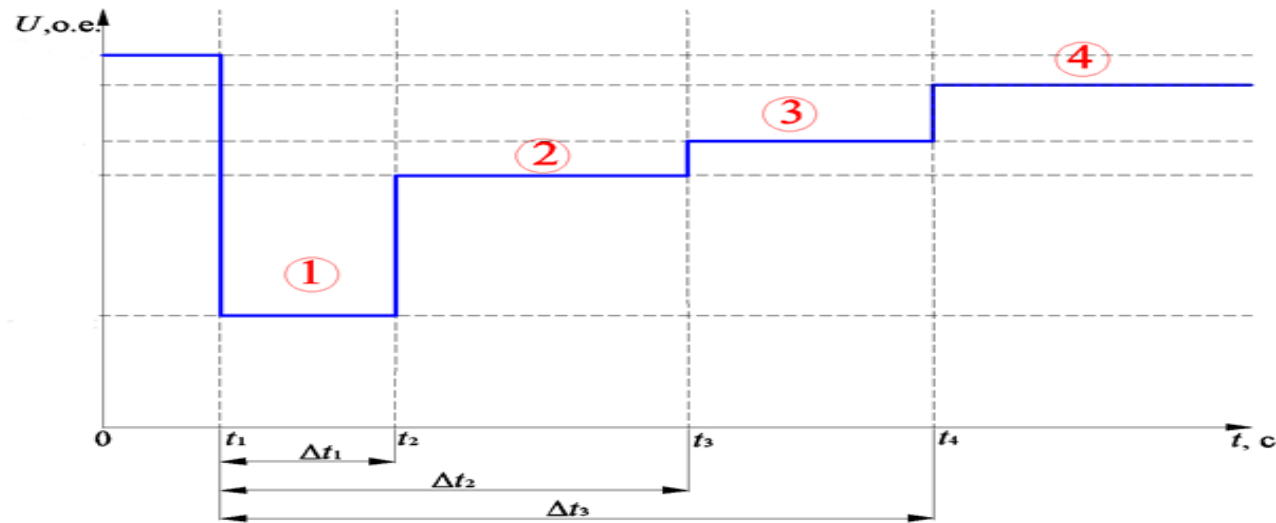
Требования к условиям включения и/или синхронизации ВЭУ

13.1 Включение и/или синхронизация ветроэнергетических установок с энергосистемой должны осуществляться при длительно допустимых уровнях частоты и напряжения, установленных в разделах 6 и 7 соответственно.

13.2 Автоматическое включение ветроэнергетических установок, отключенных действием защит вследствие недопустимого снижения/повышения частоты за пределы диапазонов, указанных в 6.2, не допускается.



Требования к устойчивости ВЭУ при нормативных возмущениях в прилегающей электрической сети 110 кВ и выше



Общий вид вольт-секундной характеристики (ВСХ)

Зона № 1

- параметры ВСХ определяются наибольшим снижением напряжения в точке подключения группы ВЭУ к электрической сети при трехфазном КЗ в прилегающей сети 110–220 кВ или двухфазном КЗ на землю в прилегающей сети 330 кВ и выше с отключением сетевого элемента основной защитой.

Зона № 2

- параметры ВСХ определяются снижением напряжения в точке подключения группы ВЭУ к электрической сети при однофазном КЗ в прилегающей к группе ветроэлектрических установок сети 110 кВ и выше.

Зона № 3

- параметры ВСХ определяются аварийно допустимым напряжением продолжительностью не менее 20 минут согласно 7.2.

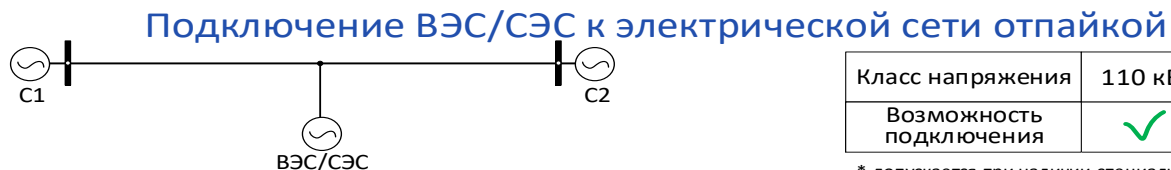
Зона № 4

- параметры ВСХ определяются длительно допустимым отклонением напряжения согласно 7.1.



Требования к схеме выдачи мощности ВЭС

Способы подключения ВЭС/СЭС к сети



Класс напряжения	110 кВ	220 кВ	330 кВ
Возможность подключения	✓	✓ *	✗

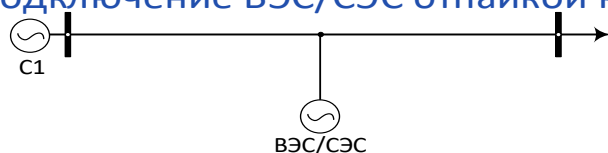
*-допускается при наличии специального обоснования технической невозможности других вариантов подключения

Подключение ВЭС/СЭС отпайкой к ЛЭП с существующими отпайками



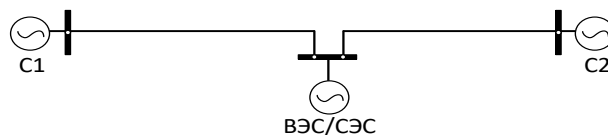
Класс напряжения	110 кВ	220 кВ	330 кВ
Возможность подключения	✓	✗	✗

Подключение ВЭС/СЭС отпайкой к ЛЭП с односторонним питанием



Класс напряжения	110 кВ	220 кВ	330 кВ
Возможность подключения	✓	✓	✗

Подключение ВЭС/СЭС к транзитной линии по схеме «заход-выход»



Класс напряжения	110 кВ	220 кВ	330 кВ
Возможность подключения	✓	✓	✓

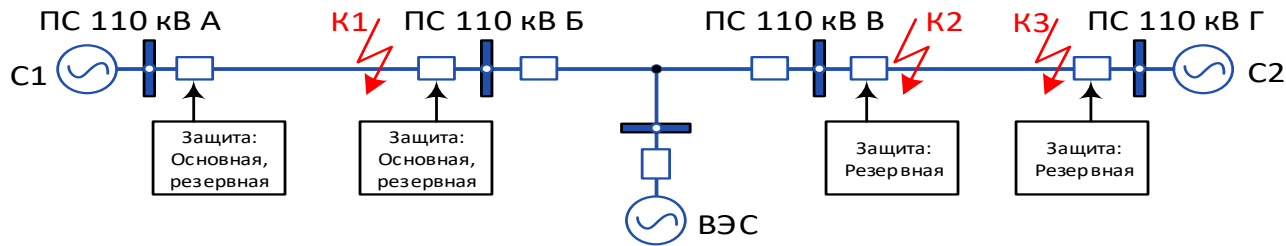
Подключение ВЭС/СЭС по одной ЛЭП



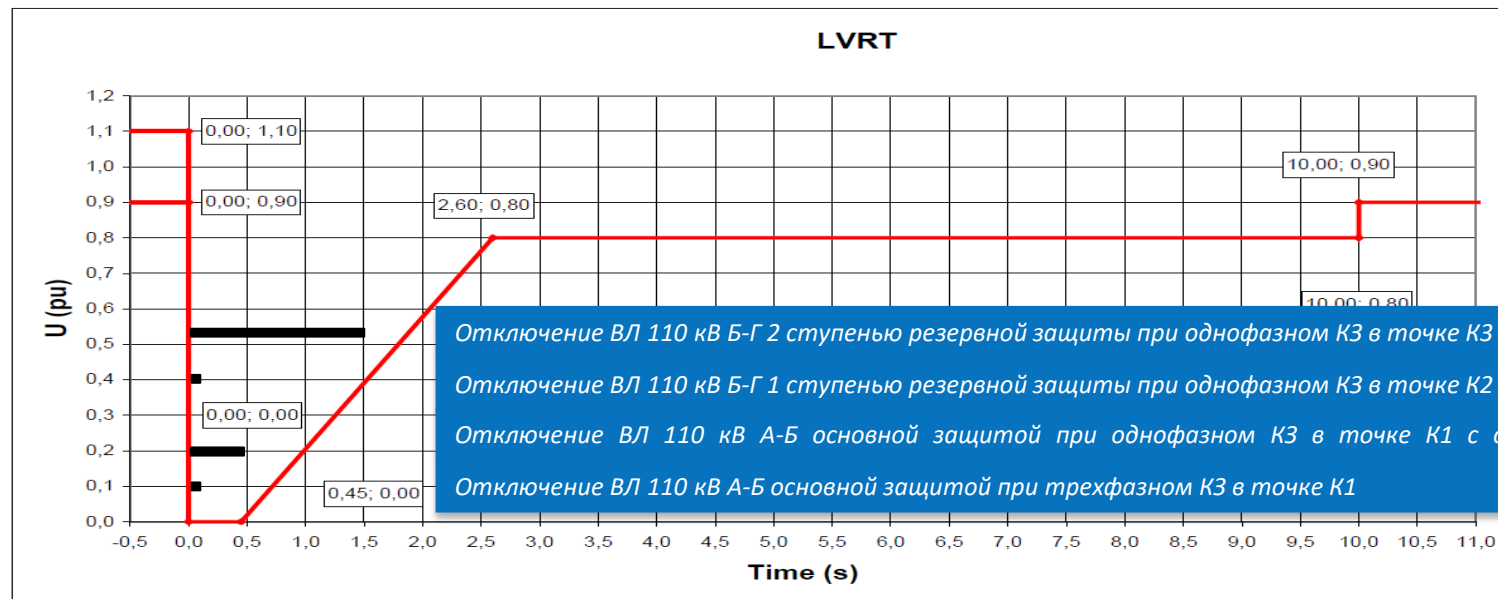
Класс напряжения	110 кВ	220 кВ	330 кВ
Возможность подключения	✓	✓	✗



Пример вольт-секундной характеристики



Функция LVRT (Low Voltage Ride Through) контролирует междуфазное напряжение на выходе инвертора ВЭУ и действует на отключение выключателя ВЭУ



Пример температурной зависимости располагаемой мощности ВЭУ

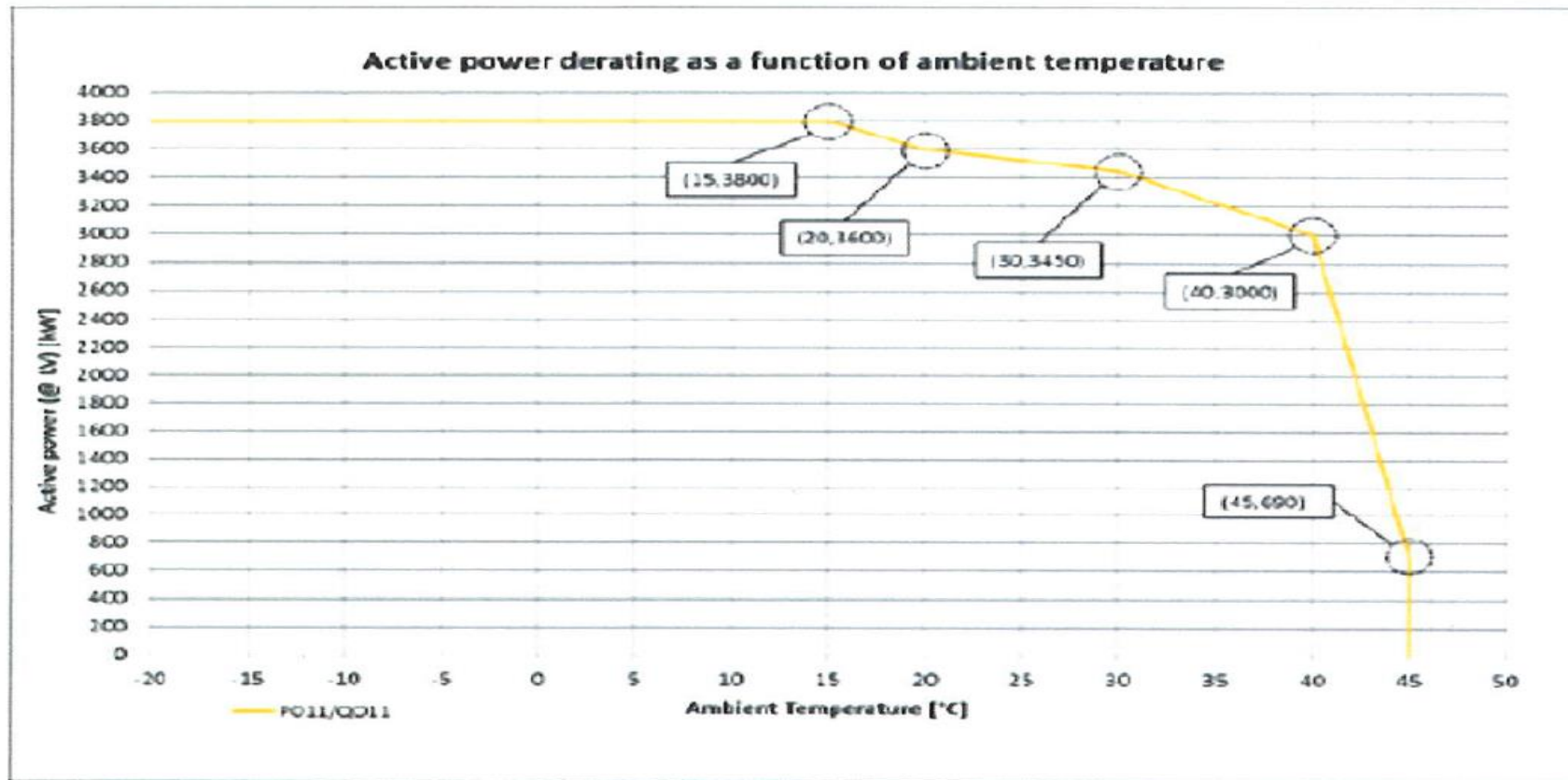


Figure 10-1: Temperature derated operation for 3.8 MW Power Optimized Mode PO11.



Практика разработки СВМ ВЭС. Этапы 1.1 и 1.2. Результат (пример)

Удельная стоимость мероприятий, обеспечивающих СВМ ВЭС по площадкам и вариантам СВМ

Располагаемая мощность площадок по ветру $P_{пл1} + P_{пл2} + P_{пл3} = 325$ МВт. Требуемая суммарная мощность 210 МВт

