

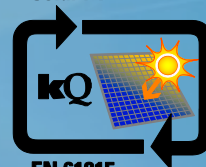
ТЕХНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ
СЕРИИ RZMP

НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ СТАНДАРТА
IEC 61215-2005

kiwa
Approved

Solar PV



EN 61215
EN 61730

G A S T E C

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СТАБИЛЬНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

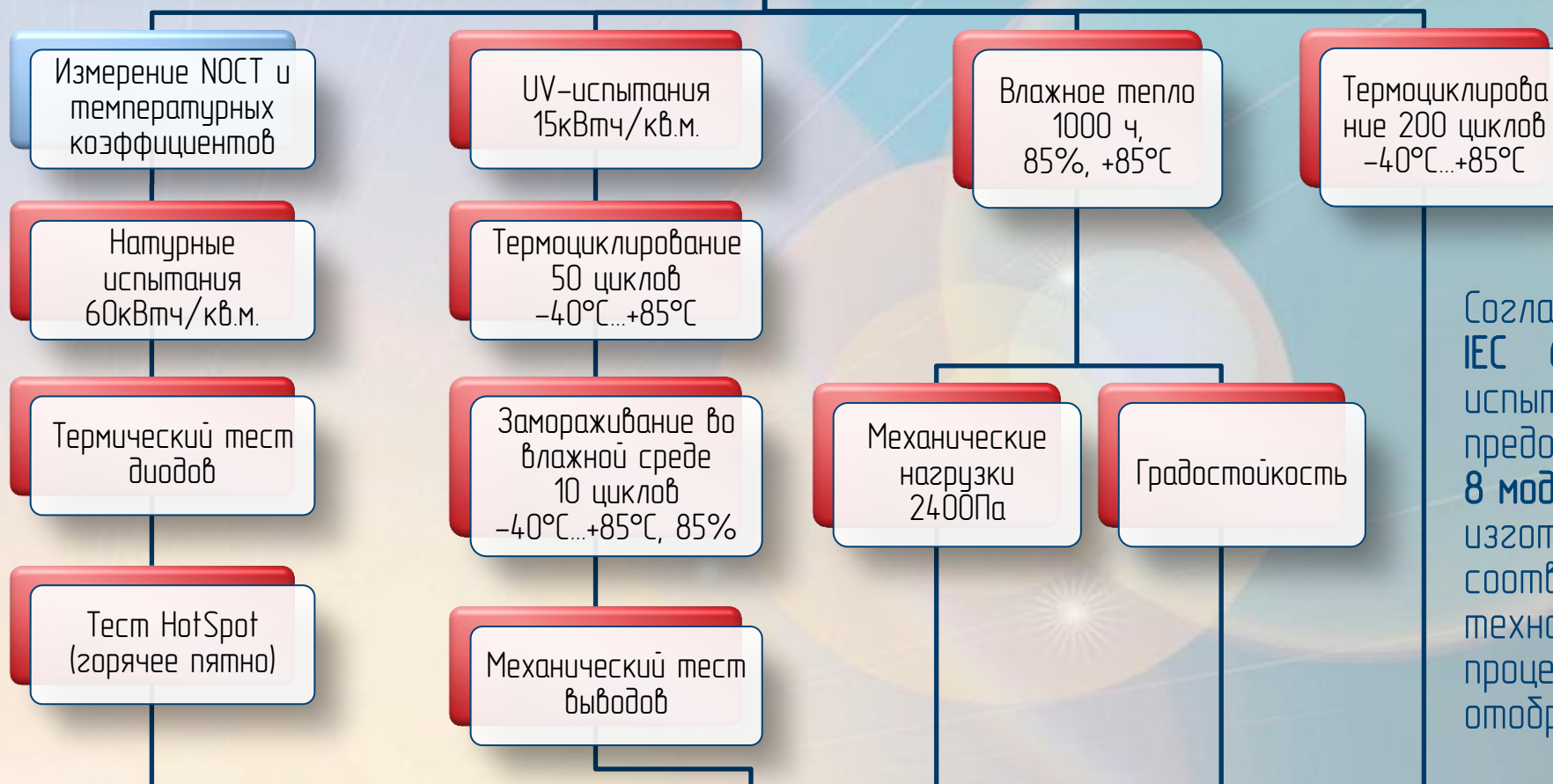
Одним из важнейших параметров солнечных фотозлектрических модулей, наряду с номинальной пиковой мощностью, является параметр долговременной стабильности электрических характеристик. Этот параметр в настоящее время оценивается как гарантия сохранения пиковой мощности на уровне 90 % от номинала после эксплуатации в течение 10 лет и на уровне 80 % от номинала после эксплуатации в течение 25 лет. Долговременная стабильность зависит от многих факторов [1], которые можно условно разделить на четыре группы:

- факторы, обусловленные качеством разработки и конструкции; определяются многими физическими, химическими, электрическими, оптическими и механическими свойствами применяемых материалов и солнечных элементов;
- факторы, обусловленные качеством изготовления; определяются качеством контроля технологического процесса, особенно, как правило, операций пайки и монтажа соединительной коробки.
- факторы, обусловленные качеством монтажа в системе; определяются степенью согласования элементов в системе, правильным выбором компонентов, в том числе кабелей, соединительных разъемов, электронных устройств, выбором монтажной конструкции;
- реальные климатические и др. внешние факторы.

Влияние всех этих факторов многократно исследовалось в работах [2–8], в результате были выработаны методы тестирования, объединенные в стандартные тестовые последовательности и опубликованные МЭК в стандарте IEC 61215 [9]. К настоящему времени этот стандарт имеет вторую редакцию (2005 г.) и считается обязательным для выполнения.

ОСНОВНЫЕ ТЕСТОВЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ IEC61215

Тестирование электрических и диэлектрических параметров



Согласно стандарту IEC 61215 на испытания предоставляется 8 модулей, изготовленных в соответствии с технологическим процессом и отобранные наугад

Тестирование электрических и диэлектрических параметров

ТЕСТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

На первой стадии испытаний все модули подвергаются начальному тестированию:

- Измерение пиковой максимальной мощности при STC
- Измерение сопротивления электрической изоляции
- Измерение сопротивления электрической изоляции во влажной среде
- Визуальный контроль на наличие видимых дефектов

После каждой последующей стадии испытаний электрические и диэлектрические параметры снова измеряются и сравниваются с предыдущими и предельными значениями.

После прохождения всех тестовых последовательностей электрические и диэлектрические параметры снова измеряются и сравниваются с предыдущими, начальными и предельными значениями.

Условия прохождения тестовых последовательностей :

- Пиковая максимальная мощность при STC **не должна** уменьшиться более чем на **5%** после любого теста и более чем на **8%** после любой тестовой последовательности.
- Сопротивление электрической изоляции, измеренное при нормальных условиях и во влажной среде не должно быть ниже предельных значений.
- Отсутствия визуальных дефектов (пузыри, деляминация, треск, желтизна, обрывы и т.д.)

Результаты испытаний считаются положительными только в том случае, если **все** модули во **всех** тестовых последовательностях удовлетворяют условиям прохождения.

НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Цель испытаний:

- Сделать предварительную оценку способности модуля противостоять внешним условиям окружающей среды и любому воздействию синергетической деградации, которую иногда невозможно проследить в лабораторных условиях

Аппаратура:

- Прибор измерения облученности с погрешностью не более 5%
- Нагрузка электрическая (Рабочая точка в точке максимальной мощности при STC)

Процедура:

- Модули устанавливают на открытой площадке в одной плоскости с прибором измерения облученности.
- Модули подвергают облучению в дозе 60 кВтч/м²

Критерии прохождения:

- Отсутствие визуальных дефектов.
- Пиковая максимальная мощность уменьшилась менее, чем на 5%
- Электрическое сопротивление изоляции, измеренное при нормальных условиях и во влажной среде после испытания, в норме



Частота отказов
по данным [10]



ТЕРМИЧЕСКИЙ ТЕСТ ДИОДОВ

Цель испытаний:

- Тестирование конструкции соединительной коробки с установленными в ней байпасными диодами на соответствие тепловому конструкциям и способности предохранить модуль от эффекта «горячего пятна» (сильный разогрев солнечного элемента при затенении или других причин, например, частичная потеря электрического контакта, треск, деламация и т.д.)

Аппаратура:

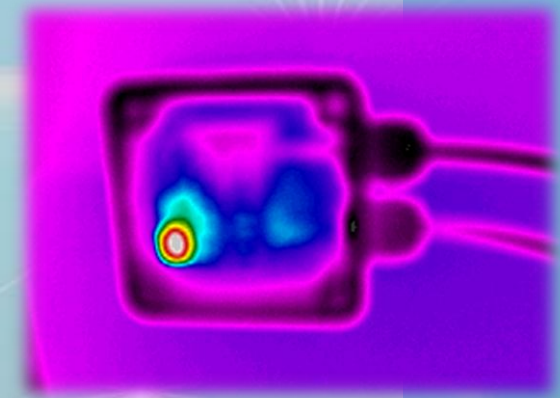
- Термокамера
- Источник тока
- Средства измерения температуры

Процедура:

- Модули помещают в термокамеру и нагревают до температуры $+70^{\circ}\text{C}$
- Модули подключают к источнику тока со значением 100% от тока короткого замыкания и выдерживают в течение 1 часа, измеряют температуру перехода диодов.
- Ток увеличивают до 125% и выдерживают в течение 1 часа, измеряют температуру перехода диодов

Критерии прохождения:

- Отсутствие визуальных дефектов.
- Пиковая максимальная мощность уменьшилась менее, чем на 5%
- Электрическое сопротивление изоляции, измеренное при нормальных условиях и во влажной среде после испытания, в норме
- Температура перехода диодов не превысила предельных значений, указанных, производителем диодов
- Диод остался работоспособен



Частота отказов
по данным [10]



ТЕСТ HOT SPOT (ГОРЯЧЕЕ ПЯТНО)

Цель испытаний:

- Тестирование конструкции соединительной коробки с установленными в ней байпасными диодами на соответствие тепловому конструкциям и способности предохранить модуль от эффекта «горячего пятна» (сильный разогрев солнечного элемента при затенении или других причин, например, частичная потеря электрического контакта, треск, деламинация и т.д.)

Аппаратура:

- Солнечный симулятор излучения
- Инфракрасный измеритель температуры

Процедура:

- Облучают модуль при 700 Втч/м^2 в течение 1 часа при электрически замкнутых выводах
- При помощи инфракрасного измерителя температуры находят самый горячий элемент и затеняют его фольгой
- Облучают модуль при 1000 Втч/м^2 в течение 5 часов

Критерии прохождения:

- Отсутствие визуальных дефектов.
- Пиковая максимальная мощность уменьшилась менее, чем на 5%
- Электрическое сопротивление изоляции, измеренное при нормальных условиях и во влажной среде после испытания, в норме



Частота отказов
по данным [10]



UV-ИСПЫТАНИЯ

Цель испытаний:

- Определить способность модуля противостоять УФ-излучению, а также предоблучение для прохождения последующих тестов последовательности

Аппаратура:

- Термо УФ камера
- Устройство измерения температуры и уровня УФ-излучения

Процедура:

- Модуль помещают в термо УФ камеру
- Модуль нагревают до температуры 60°C.
- Модули подвергают облучению при температуре 60° в дозе 15 кВтч/м² в диапазоне длин волн 250...385 нм

Критерии прохождения:

- Отсутствие визуальных дефектов.
- Пиковая максимальная мощность уменьшилась менее, чем на 5%
- Электрическое сопротивление изоляции, измеренное при нормальных условиях и во влажной среде после испытания, в норме



Частота отказов
по данным [10]



ТЕРМОЦИКЛИРОВАНИЕ

Цель испытаний:

- Тестирование способности модуля противостоять температурным изменениям. Оценивается соответствие коэффициентов температурного расширения (КТР) всех материалов, применяемых в модуле.

Аппаратура:

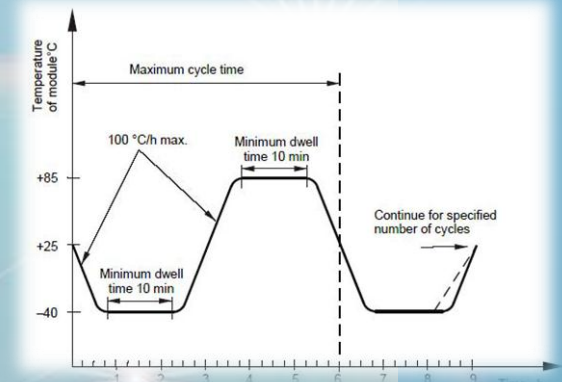
- Климатическая камера
- Устройство измерения сопротивления изоляции
- Источник тока

Процедура:

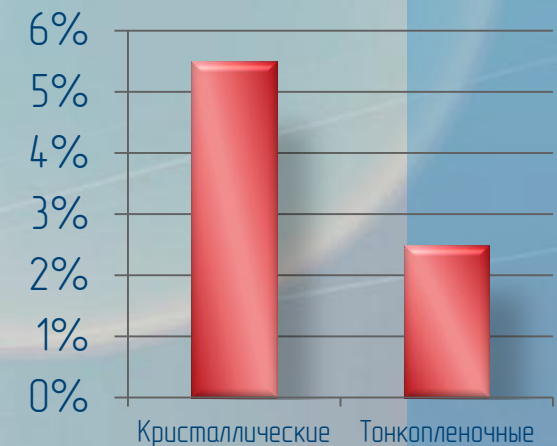
- Модуль помещают в климатическую камеру и обеспечивают непрерывный контроль сопротивления изоляции
- Модуль подвергают воздействию серии температурных циклов (50 или 200 в зависимости от тестовой последовательности) $-40^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$
- Во время положительного цикла модули подключают к источнику тока со значением 100% от тока короткого замыкания
- Длительность выдержки при предельных температурах 10 мин, скорость изменения температуры не более $100^{\circ}\text{C}/\text{мин}$

Критерии прохождения:

- Отсутствие визуальных дефектов.
- Пиковая максимальная мощность уменьшилась менее, чем на 5%
- Электрическое сопротивление изоляции, измеренное при нормальных условиях и во влажной среде после испытания, в норме
- Электрическое сопротивление изоляции, измеряемое в процессе испытаний, в норме



Частота отказов по данным [10]



ЗАМОРАЖИВАНИЕ ВО ВЛАЖНОЙ СРЕДЕ

Цель испытаний:

- Тестирование способности модуля при низкой температуре противостоять повышению температуры окружающей среды и росту уровня влажности

Аппаратура:

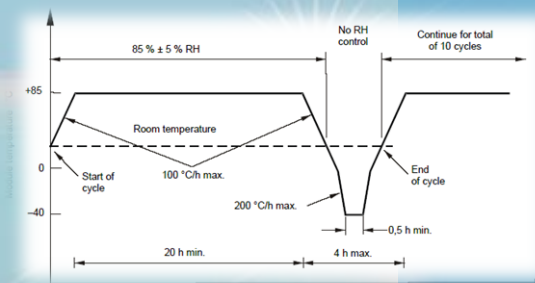
- Климатическая камера
- Устройство измерения сопротивления изоляции
- Источник тока

Процедура:

- Модуль помещают в климатическую камеру и обеспечивают непрерывный контроль сопротивления изоляции
- Модуль подвергают воздействию 10 температурных циклов $-40^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$ при сохранении в камере относительной влажности $85 \pm 5\%$
- Длительность выдержки при предельных положительных температурах 20 ч, при предельных отрицательных температурах 4 ч, скорость изменения температуры не более $100^{\circ}\text{C}/\text{мин}$

Критерии прохождения:

- Отсутствие визуальных дефектов.
- Пиковая максимальная мощность уменьшилась менее, чем на 5%
- Электрическое сопротивление изоляции, измеренное при нормальных условиях и во влажной среде после испытания, в норме
- Электрическое сопротивление изоляции, измеряемое в процессе испытаний, в норме



Частота отказов по данным [10]



МЕХАНИЧЕСКИЙ ТЕСТ ВЫВОДОВ

Цель испытаний:

- Тестирование соединительной коробки, выводов и разъемов модуля на способность выдерживать механические нагрузки при монтаже модулей в фотозлектрических системах.

Аппаратура:

- Устройство, обеспечивающее тянущее воздействие на вывода с силой равной весу модуля.
- Устройство измерения сопротивления изоляции

Процедура:

- Вывода подвергаются тянущему воздействию, равному весу модуля в течение 1 ч.
- Вывода подвергаются воздействию изгибающего усилия в месте входа в соединительную коробку и в месте крепления разъемов. Количество циклов 10. Угол изгиба 180°.

Критерии прохождения:

- Отсутствие механических дефектов.
- Пиковая максимальная мощность уменьшилась менее, чем на 5%
- Электрическое сопротивление изоляции, измеренное при нормальных условиях и во влажной среде после испытания, в норме.



Частота отказов
по данным [10]



ВЛАЖНОЕ ТЕПЛО

Цель испытаний:

- Тестирование модуля на устойчивость к длительному воздействию температуры и влаги.

Аппаратура:

- Климатическая камера
- Устройство измерения сопротивления изоляции

Процедура:

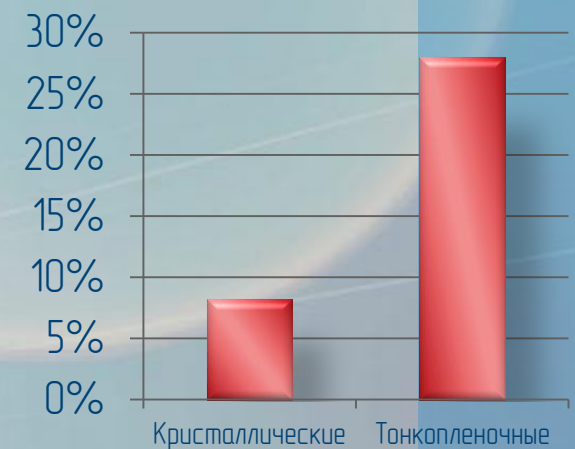
- Модуль помещают в климатическую камеру и обеспечивают непрерывный контроль сопротивления изоляции
- Модули подвергают воздействию температуры $85^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности $85\% \pm 5$
- Продолжительность испытания 1000 часов

Критерии прохождения:

- Отсутствие визуальных дефектов.
- Пиковая максимальная мощность уменьшилась менее, чем на 5%
- Электрическое сопротивление изоляции, измеренное при нормальных условиях и во влажной среде, в норме



Частота отказов
по данным [10]



ГРАДОСТОЙКОСТЬ

Цель испытаний:

- Тестирование способности поверхности модуля противостоять воздействию града.

Аппаратура:

- Ледяные шарики необходимого диаметра, имитирующие крупинки града
- Устройство для изготовления ледяных шариков необходимого диаметра и массы
- Устройство для выброса ледяных шариков
- Устройство для определения скорости падения ледяных шариков на поверхность модуля

Процедура:

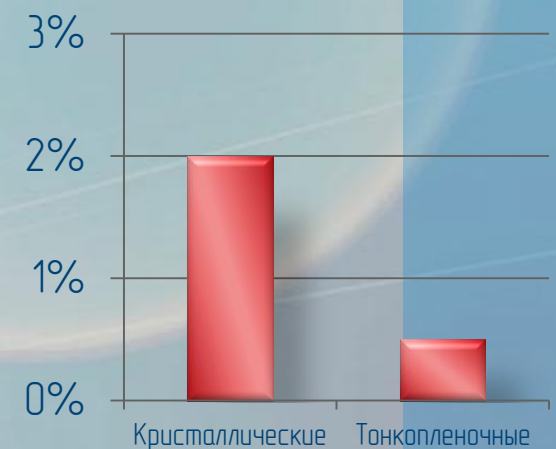
- Модуль крепят в вертикальном положении
- Устройство для выброса ледяных шариков помещают параллельно поверхности модуля
- Изготавливают шарики необходимого размера
- Выстреливают ледяными шариками на разные участки поверхности модуля (Количество ударов для каждого участка различается)

Критерии прохождения:

- Отсутствие визуальных дефектов.
- Пиковая максимальная мощность уменьшилась менее, чем на 5%
- Электрическое сопротивление изоляции, измеряемое в процессе испытаний, в норме



Частота отказов
по данным [10]



МЕХАНИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ

Цель испытаний:

- Определить способность модуля противостоять ветровым, снежным, статическим и ледовым нагрузкам

Аппаратура:

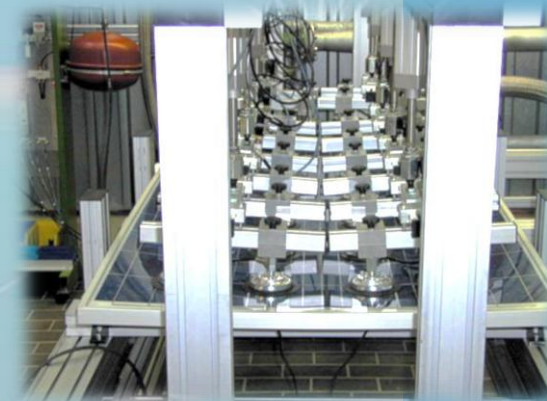
- Устройство механических испытаний
- Устройство измерения сопротивления изоляции

Процедура:

- Устанавливают модуль в устройство механических испытаний и обеспечивают непрерывный контроль сопротивления изоляции .
- Подвергнуть модуль механической нагрузке **2400 Па*** в течение **1 часа** для лицевой и тыльной поверхности.

Критерии прохождения:

- Отсутствие визуальных дефектов.
- Пиковая максимальная мощность уменьшилась менее, чем на 5%
- Электрическое сопротивление изоляции, измеренное при нормальных условиях и во влажной среде после испытания, в норме
- Электрическое сопротивление изоляции, измеряемое в процессе испытаний, в норме



Частота отказов
по данным [10]



* 2400 Па соответствует давлению ветра 130 км/ч с коэффициентом надежности 3 (для порывистого ветра)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Arends T., Kuitche J., Shisler W.** IEC and IEEE design qualifications: an analysis of test results acquired over nine years // Proceedings of the 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference, – Dresden, Germany, 4–8 September 2006. – Vol. 2. – 2078–2080.
2. **King D.L., Quintana M.A., Kratochvil J.A., Ellibee D.E., Hansen B.R.** Photovoltaic Module Performance and Durability Following Long-Term Field Exposure. – Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories, 87185–0752.
3. **Pitts J.R., King D.E., Bingham C., Czanderna A.W.** Ultra Accelerated Testing of PV Module Components // Presented at the National Center for Photovoltaics Program Review Meeting, – Denver, Colorado, September 8–11, 1998.
4. **Ossenbrink H., Sample T.** Results of 12 years of module qualification to the IEC 61215 standard and CEC specification 503 // Proceeding of 3th World Conference on PV Energy Conversion, – Osaka, Japan, 11–18 May, 2003. – Vol. 2. – 1882– 1887
5. **Osterwald C.R.** Terrestrial Photovoltaic Module Accelerated Test-to-Failure Protocol. – Springfield: National Renewable Energy Laboratory 1617 Cole Blvd. Golden, CO 80401–3393, NREL/TP–520–42893,–March 2008.
6. **Skoczek A., Sample T., Dunlop E.D., Ossenbrink H.A.** Repeatability and consistency of electrical performance results from physical stress test of pv modules // Proceedings of the 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference, – Dresden, Germany, 4–8 September 2006. – Vol. 2. – 2560–2564.
7. **Ewan D., David H** The performance of crystalline silicon photovoltaic solar modules after 22 years of continuous outdoor exposure. – Ispra (VA), Italy: DG Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Renewable Energies Unit, 1099–159X,–2006.
8. **Wohlgemuth J.H., Cunningham D.W., Monus P.** Long Term Reliability of Photovoltaic Modules // Proceedings of 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, – Waikoloa, HI, 7–12 May 2006. – Vol. 2. – 2050–2053.
9. IEC 61215–ed 2. Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules –Design qualification and type approval: International Electro technical Commission,–2005.
10. **TamizhMani G., Li B., Arends T., Kuitche J.** Failure analysis of design qualification testing: 2007 vs. 2005 // Photovoltaics International. – August, 2008.
11. **Wohlgemuth, J., Cunningham, D., Nguyen A.** Failure Modes of Crystalline Si Modules // NREL PV Module Reliability Workshop, – Denver West Marriott, Golden, Colorado, February 18–19, 2010.
12. **Jordan, D.** Degradation Rates // NREL PV Module Reliability Workshop, – Denver West Marriott, Golden, Colorado, February 18–19, 2010.
13. **TamizhMani, G.** Experience with Qualification and Safety Testing of Photovoltaic Modules // NREL PV Module Reliability Workshop, – Denver West Marriott, Golden, Colorado, February 18–19, 2010.