



**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

**ФИЛАТОВ Г.П.**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X**

ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ  
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ  
ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

**ФИЛАТОВ Г.П.**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X**



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ФИЛАТОВ Г.П.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X

**ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ**

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

## ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Ветроэнергетика является наиболее развитой сферой практического использования природных возобновляемых энергоресурсов. Мировой рынок ветровой энергетики развивается быстрее, чем любой другой вид возобновляемой энергетики. С 1995 года установленная мощность ветровых электростанций в мире увеличилась более чем в 12 раз: с 4800 МВт до 59000 МВт (на конец 2005 года). Оборот международного рынка ветроэнергетики в 2006 году превысил 13 млрд евро. Всего в отрасли, по приблизительным подсчетам, занято 150000 человек. Во многих странах появилась даже новая отрасль – ветроэнергетическое машиностроение. Мировыми лидерами в ветроэнергетике являются США, Германия, Испания, Нидерланды, Дания, Индия.

В ряде стран и регионов доля электроэнергии, генерируемой ветровыми станциями, составляет реальную конкуренцию традиционной энергетике. В Дании за счет энергии ветра производится 20 % электроэнергии, в Испании этот показатель достиг 8 %, в Голландии и Северных землях Германии 10 %. Приводимые цифры показывают, что ветроэнергетика уже сегодня вносит значительный вклад в энергетический баланс ряда стран.

Принцип действия ветроэнергетической установки (ВЭУ) заключается в преобразовании энергии ветра в механическую энергию вращающегося ветроколеса, а затем в электрическую энергию.

Ранее в ветроустановках применялись ветроколеса так называемого «активного» типа (карусельного и парусного типа, Савониуса и др.), использующие силу давления ветра. Эти ветроколеса имеют очень низкий КПД (менее 20 %), поэтому в настоящее время для производства энергии они не применяются.

В настоящее время применяются две основные конструкции ветроколес – горизонтально-осевые и вертикально-осевые ветродвигатели (рис. 1), использующие подъемную силу крыла. Оба типа ВЭУ имеют примерно равный КПД, однако наибольшее распро-



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ФИЛАТОВ Г.П.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X

ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

странение получили ветроагрегаты первого типа. Мощность ВЭУ такой конструкции может быть от сотен ватт до нескольких мегаватт.

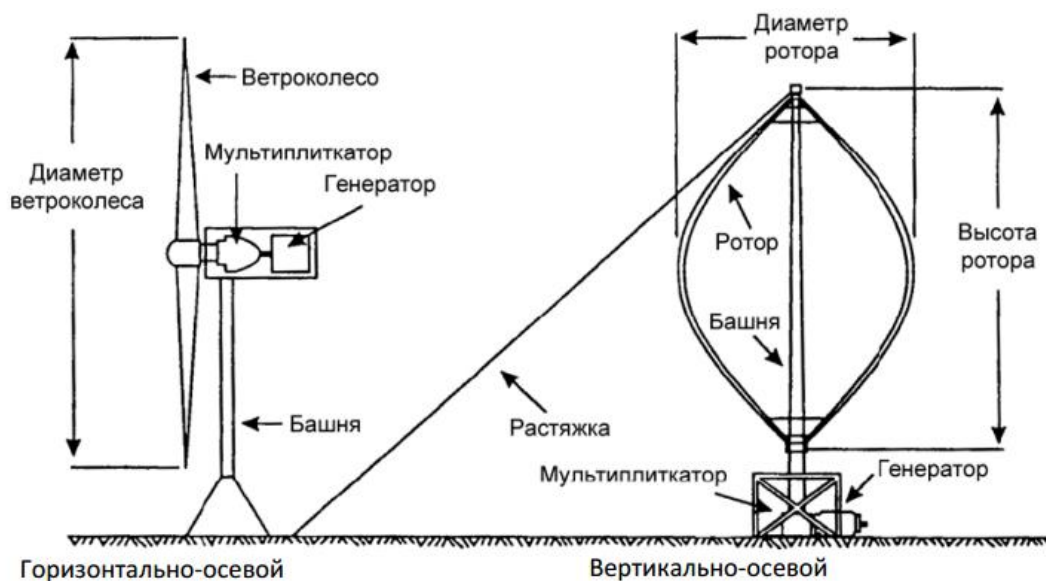


Рис. 1. Устройство современных ветроэнергетических установок

Основными компонентами ветроустановки, кроме собственно ветроколеса, являются башня, мультипликатор и генератор. В зависимости от мощности ВЭУ диаметр ветроколеса может составлять от одного до нескольких десятков метров, а номинальная частота его вращения от 15 до 100 об/мин. Мультипликатор (редуктор) служит для повышения числа оборотов ветроколеса и согласования с частотой вращения генератора. ВЭУ небольшой мощности могут не содержать мультипликатор.

Мощность ветрового потока можно определить из выражения:

$$P = \rho \frac{V^3 S}{2}, \text{ Вт}, \quad (1)$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения ветрового потока,  $\text{м}^2$ ,  $V$  – скорость ветра,  $\text{м/с}$ ;  $\rho$  – плотность воздуха,  $\text{кг/м}^3$ .



## ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ФИЛАТОВ Г.П.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X

### ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

Плотность воздуха зависит от давления и температуры и выражается в килограммах на кубический метр. Плотность сухого воздуха  $\rho_0$  при стандартной температуре 288 К и давлении 760 мм ртутного столба составляет 1,226 кг/м<sup>3</sup>.

Любой ветродвигатель характеризуется коэффициентом использования энергии ветра  $\xi$ , который определяется как отношение механической мощности на валу ветроколеса  $P_{\text{вк}}$  к мощности ветрового потока  $P$ :

$$\xi = \frac{P_{\text{вк}}}{P}. \quad (2)$$

Коэффициент использования энергии ветра определяет максимум части энергии ветрового потока, которая может быть использована ветродвигателем. Максимальное значение коэффициента мощности ветроколеса зависит от его быстроходности и достигает теоретического максимума, равного 0,593, которое впервые было вычислено Бетцом.

Реальный коэффициент использования энергии ветра всегда меньше теоретического за счёт образования вихрей, сходящих с концов лопастей, профильных потерь, которые вызываются трением струй воздуха о поверхность крыла, потерь на кручение струи, потерь, происходящих вследствие неполного использования всей ометаемой площади крыла.

Быстроходность ветроколеса характеризует отношение окружной скорости конца лопасти к скорости ветра. Ее можно рассчитать, если известны расчетное число оборотов при заданной скорости ветра:

$$Z = \frac{\omega R}{V}, \quad (3)$$

где  $\omega$  – угловая частота вращения ветродвигателя, рад/с;  $R$  – радиус лопасти ветроколеса, м.

Чем больше число лопастей рабочего колеса, их ширина и угол поворота лопастей относительно плоскости вращения, тем при прочих равных условиях, быстроходность двигателя ниже. Основным типом ветродвигателя, получившим практическое применение



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ФИЛАТОВ Г.П.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X

ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

ние, является двигатель крыльчатой конструкции, в котором вращающий момент создается за счет аэродинамических сил, возникающих на лопастях рабочего ветроколеса. В большинстве стран выпускают и применяют только крыльчатые ветродвигатели. Они отличаются большими коэффициентами использования энергии ветра и значительно большей быстроходностью. Максимальное значение  $\xi$  для быстроходных колес достигает 0,45–0,48.

Электрическая мощность, развиваемая ветроэнергетической установкой, может быть определена из выражения:

$$P_{ВЭУ} = \pi \rho V^3 \frac{R^2}{2} \xi \eta, \text{ Вт}, \quad (4)$$

где  $\eta$  – КПД электромеханического преобразования энергии (в пределах 0,7–0,85).

Крыльчатые ветродвигатели с горизонтальной осью вращения наиболее эффективны, когда поток воздуха перпендикулярен плоскости вращения лопастей. Для обеспечения этого условия в составе ВЭУ требуется устройство автоматического поворота оси вращения. Обычно эту роль выполняет крыло-стабилизатор. Ветродвигатели с вертикальной осью вращения могут работать при любом направлении ветра без изменения своего направления.

Так как основным фактором, определяющим производительность ВЭУ, является скорость ветра, производители ветроэнергетического оборудования приводят в документации на ветроагрегат такие важные показатели как минимальная, номинальная и максимальная скорость ветра.

За минимальную скорость ветра  $V_{\min}$  принимают скорость, при которой обеспечивается вращение ветроколеса с номинальной частотой вращения и нулевой производительностью (холостой ход). Номинальная (расчетная) скорость ветра  $V_{\text{ном}}$  – это скорость, при которой ВЭУ развивает номинальную мощность  $P_{\text{ном}}$ . Под номинальной мощностью



## ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ФИЛАТОВ Г.П.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X

### ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

ВЭУ следует понимать максимальное значение выходной мощности, на которую рассчитана энергетическая установка в длительном режиме работы.

Максимальная скорость ветра  $V_{\max}$  – это скорость ветра, при которой расчетная прочность ветроагрегата позволяет производить энергию без повреждений. При скоростях ветра выше максимальной скорости ВЭУ должна быть выведена из работы.

На рис. 2 приведены типичные зависимости выходной мощности ВЭУ от величины нагрузки при различных скоростях ветра ( $V_1 < V_2 < V_3 < V_4 < V_5$ ).

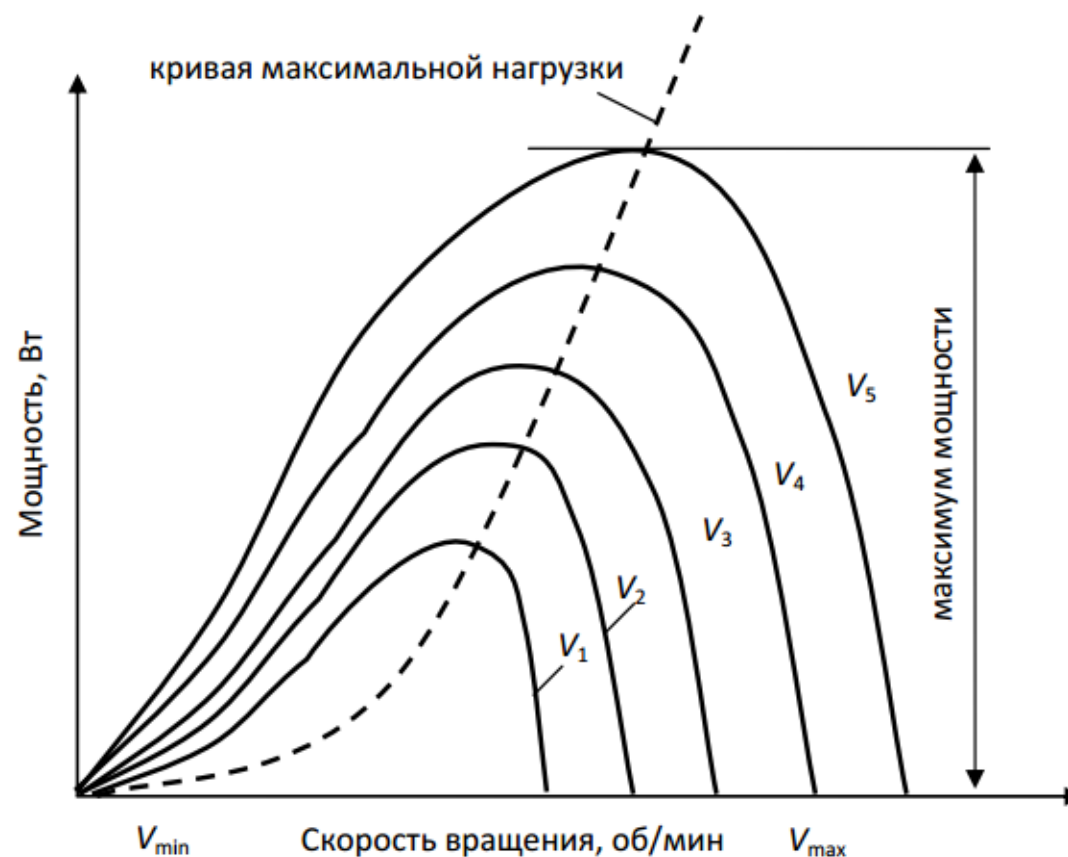


Рис. 2. Типичные зависимости выходной мощности ВЭУ от величины нагрузки



## ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ФИЛАТОВ Г.П.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X

### ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

Необходимость бесперебойного электроснабжения потребителей требует наличия в составе автономной электростанции гарантированного источника питания, способного обеспечить потребителя необходимой электрической энергией в периоды ветрового затишья и слабых ветров. В качестве такого источника в автономных ветроэлектростанциях (ВЭС) чаще всего используют аккумуляторные батареи.

Структурная электрическая схема автономной ВЭС представлена на рис. 3.

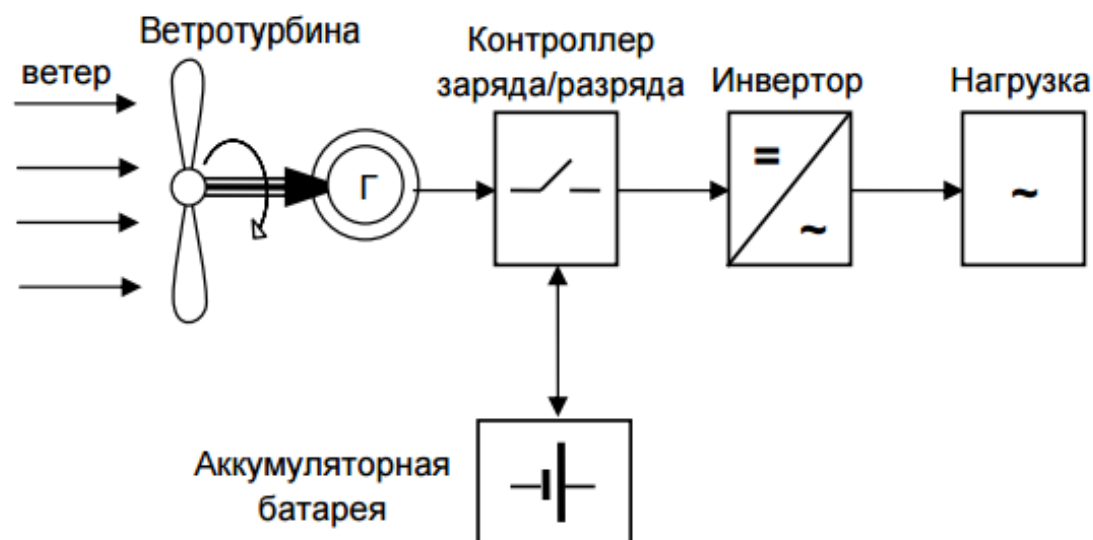


Рис. 3. Структурная схема автономной ветроэлектростанции

Так как аккумуляторная батарея работает на постоянном токе, а большинству потребителей требуется ток переменный, в составе автономной ВЭС необходимо предусмотреть устройство для преобразования постоянного тока в переменный – инвертор. Мощность инвертора и ветроагрегата должны быть выбраны на максимальную мощность нагрузки, а емкость аккумуляторных батарей выбирается исходя из необходимого запаса энергии, который нужно обеспечить электростанции для покрытия электрических нагрузок в периоды простоя ветроагрегата. Для оптимизации процессов заряда/разряда аккумуляторных батарей в состав установки входит контроллер заряда/разряда. Необходи-





## ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ФИЛАТОВ Г.П.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X

### ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

мость применения в составе ВЭС контроллера заряда/разряда связана с тем обстоятельством, что аккумуляторные батареи очень критичны к величине зарядного тока и глубине разряда. Использование контроллера заряда позволяет существенно продлить срок службы аккумуляторов и снизить эксплуатационные затраты на обслуживание электростанции.

Для ветроэлектростанций больше подходят электрохимические аккумуляторы, в частности, свинцово-кислотные. Основными условиями по выбору аккумуляторов являются:

- стойкость к циклическому режиму работы;
- способность выдерживать глубокий разряд;
- низкий саморазряд;
- нечувствительность к нарушению условий зарядки и разрядки;
- долговечность;
- простота в обслуживании.

Этим требованиям в полной мере удовлетворяют аккумуляторы, выполненные по технологиям «drafit» и AGM (абсорбированный электролит) или рекомбинационной технологии. Они характеризуются отсутствием эксплуатационных затрат и перекрывают диапазон ёмкостей 1...12000 А·час. Выделяющиеся при зарядке газы не выходят из аккумулятора, поэтому электролит не расходуется и обслуживание не требуется.

Для получения необходимого рабочего напряжения аккумуляторы или аккумуляторные батареи соединяют последовательно. При этом:

- применяют аккумуляторы только одного типа, выпущенные одним производителем;
- используют все аккумуляторы одновременно, не делая отводов от отдельных частей,





## ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ФИЛАТОВ Г.П.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X

### ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

- не соединяют аккумуляторы в одну группу с разницей в дате выпуска более чем на один месяц,
- обеспечивают разницу температур отдельных аккумуляторов не более 3 °С.

Для продления срока службы аккумуляторов при циклическом режиме работы в ветроустановках важно не допускать и глубокого разряда. Степень разряда характеризуется глубиной разряда, выражаемой в процентах от номинальной ёмкости аккумулятора.

Эксплуатация аккумуляторов при их глубоком разряде приводит к необходимости их более частой замены и обслуживания. Глубину разряда аккумуляторов стремятся ограничить на уровне 30...40 %, что достигается отключением нагрузки (снижением мощности) или использованием аккумуляторов большей ёмкости.

Для подбора количества и типа аккумуляторов используют два параметра: конструкция инвертора (напряжение на низкой стороне) и ток зарядки, который не должен превышать 10 % от номинальной ёмкости для кислотных аккумуляторов и 25–30 % от для щелочных. К необходимым свойствам аккумуляторов необходимо отнести и низкий уровень саморазряда. Кислотный аккумулятор требует подзарядки не реже чем один раз в 6 месяцев, иначе выходит из строя.

Для работы в автономных системах используются аккумуляторные батареи со сроком службы 10 лет и более. К ним относятся:

- свинцово-кислотные с заливкой;
- аккумуляторы с адсорбирующим стеклянным матом;
- гелевые элементы;
- никель-кадмиевые или железно-никелевые аккумуляторы.

Использование в составе автономной ветроэлектростанции аккумуляторных батарей, контроллера заряда и инвертора повышают затраты на 1 кВт установленной мощности электростанции, однако это позволяет значительно упростить конструкцию ветроагрегата. Так как стабилизация выходных электрических параметров электростанции



## ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ФИЛАТОВ Г.П.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X

### ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

обеспечивается при помощи аккумуляторов и инвертора, нет необходимости в стабилизации частоты вращения ветроколеса и регулировании величины выходного напряжения электрического генератора. Современным решением конструкции генератора ветроэлектростанции малой мощности является безредукторный многополюсный синхронный генератор с возбуждением от постоянных магнитов и полупроводниковым выпрямителем выходного напряжения якорной обмотки. Ветроколесо выполняется с жестко закрепленными лопастями, и его частота вращения определяется только силой ветра и величиной нагрузки. Для защиты от буревых ветров ветродвигатель оснащен специальным механизмом, выводящим ветроколесо из-под ветра.

Невысокие массогабаритные показатели аккумуляторов и их сравнительно небольшой срок службы ограничивают применение представленной выше схемы ВЭС мощностями до 10 кВт. Подобные ВЭС находят практическое применение в качестве источника электроснабжения отдельных домов, коттеджей, небольших ферм, телекоммуникационных, метеорологических объектов и т.п.

Для электроснабжения более крупных потребителей – деревень, поселков, геологических объектов и т.п. используют ветродизельные электростанции. В таких электростанциях дизель-генератор исполняет роль гарантированного источника электропитания, а ВЭУ, покрывая часть электрической нагрузки потребителя, обеспечивает экономию дорогостоящего дизельного топлива. Диапазон рабочих мощностей ветродизельных комплексов гораздо шире – от единиц кВт до десятков МВт.

В России считается, что применение ветрогенераторов в быту для обеспечения электричеством нецелесообразно из-за:

- высокой стоимости инвертора – 50 % стоимости всей установки;
- высокой стоимости аккумуляторных батарей;
- для обеспечения надёжного электроснабжения к такой установке иногда добавляют дизель-генератор, сравнимый по стоимости со всей ветроустановкой.



## ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ФИЛАТОВ Г.П.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X

### ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

В настоящее время, несмотря на рост цен на энергоносители, себестоимость электроэнергии не составляет сколько-нибудь значительной величины у основной массы производства по сравнению с другими затратами; ключевыми для потребителя остаются надёжность и стабильность электроснабжения.

Основными факторами, приводящими к удорожанию энергии, получаемой от ветрогенераторов, являются:

- необходимость получения электроэнергии промышленного качества (напряжение – 220 В, частота – 50 Гц), что требует применение инвертора;
- необходимость автономной работы в течение некоторого времени, что требует применение аккумуляторов;
- необходимость длительной работы потребителей (требуется применение дизель-генераторов или других источников электроэнергии).

В настоящее время наиболее экономически целесообразно получение с помощью ветрогенераторов не электрической энергии промышленного качества, а постоянного или переменного тока с последующим преобразованием его с помощью ТЭНов в тепло, для обогрева жилья и получения горячей воды. Эта схема имеет ряд преимуществ:

- отопление является основным энергопотреблением любого дома в России;
- схема ветрогенератора и управляющей автоматики кардинально упрощается;
- схема автоматики может быть построена в самом простом случае на нескольких тепловых реле;
- в качестве аккумулятора энергии можно использовать обычный бойлер с водой для отопления и горячего водоснабжения;
- потребление тепла не так требовательно к качеству и бесперебойности: температуру воздуха в помещении можно поддерживать в широких пределах 19–25 °С, а в бойлерах горячего водоснабжения 40–97 °С без ущерба для потребителей.



**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

**ФИЛАТОВ Г.П.**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X**

**ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ**

**ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

**ГЛОССАРИЙ**

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

Литература

Интернет-ресурсы

Технический потенциал ветровой энергии России оценивается свыше 50000 млрд кВт·ч/год. Экономический потенциал составляет примерно 260 млрд кВт·ч/год, то есть около 30 % производства электроэнергии всеми электростанциями России.

Энергетические ветровые зоны в России расположены, в основном, на побережье и островах Северного Ледовитого океана от Кольского полуострова до Камчатки, в районах Нижней и Средней Волги и Дона, побережье Каспийского, Охотского, Баренцева, Балтийского, Чёрного и Азовского морей.

Суммарная установленная мощность ветровых электростанций в стране на 2009 год составляет 17–18 МВт, занимая одно из последних мест в мире. На это же время в Китае – 25104 МВт, в США – 35139 МВт, в Германии – 25777 МВт.



**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

**ФИЛАТОВ Г.П.**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА**

**ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X**

**ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ**

**ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

**ГЛОССАРИЙ**

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

Литература

Интернет-ресурсы

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Принцип действия ветроэнергетической установки.
2. Что относится к основным компонентам ветроэнергетической установки?
3. Структурная схема автономной электростанции.
4. Как определяется мощность ветрового потока?
5. Какие характеристики снимают для ветроэнергетической установки?
6. Как осуществляется защита ветроэнергетических установок от буревых ветров?
7. Типы ветроэнергетических установок.
8. Как влияет нагрузка на выходную мощность ветроэнергетической установки?
9. Пути повышения КПД ветроэнергетических установок.
10. Достоинства и недостатки ветроэнергетических установок.
11. Как определяется ток заряда аккумуляторных батарей?
12. Для чего нужен контроллер заряда-разряда аккумуляторных батарей?
13. Почему нельзя разряжать аккумуляторную батарею до нуля?
14. Какие типы аккумуляторных батарей вы знаете?
15. Для чего нужен инвертор?
16. Что такое мультипликатор и для чего он нужен?
17. В каких случаях обосновано применение системы автономного электроснабжения?



**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

**ФИЛАТОВ Г.П.**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА**

**ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X**

**ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ**

**ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

**ГЛОССАРИЙ**

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

Литература

Интернет-ресурсы

## **ГЛОССАРИЙ**

### **АККУМУЛЯТОРНАЯ БАТАРЕЯ**

Несколько аккумуляторов, объединённых в одну электрическую цепь.

### **АВТОНОМНЫЙ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АГРЕГАТ**

ВА с электромашинным генератором, предназначенный для электроснабжения потребителей, не имеющих связи с электрической сетью.

### **БУРЕВАЯ РАСЧЕТНАЯ СКОРОСТЬ ВЕТРА**

Максимальная скорость ветра, которую может выдержать остановленный ВА без разрушений.

### **ВЕТЕР**

Движение воздуха относительно земной поверхности, вызванное равномерным распределением атмосферного давления и характеризующееся скоростью и направлением.

### **ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА**

Отрасль энергетики, связанная с разработкой методов и средств преобразования энергии ветра в механическую, тепловую или электрическую энергию.

### **ВЕТРОАГРЕГАТ (ВА)**

Система, состоящая из ветродвигателя, системы передачи мощности и приводимой ими в движение машины (электромашинного генератора, насоса, компрессора и т.п.).

### **ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА (ВЭУ)**

Комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенный для преобразования энергии ветра в другие виды энергии (механическую, тепловую, электрическую и др.).



**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

**ФИЛАТОВ Г.П.**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X**

**ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ  
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

**ГЛОССАРИЙ**

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

Литература

Интернет-ресурсы

## **ВЕТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА**

ВЭУ, предназначенная для преобразования ветровой энергии в механическую для привода различных машин (насос, компрессор и т.д.).

## **ВЕТРОТЕПЛОВАЯ УСТАНОВКА**

ВЭУ, предназначенная для непосредственного преобразования ветровой энергии в тепловую.

## **ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА**

ВЭУ, предназначенная для преобразования ветровой энергии в электрическую с помощью системы генерирования электроэнергии.

## **ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ (ВЭС)**

Электростанция, состоящая из двух и более ветроэлектроустановок, предназначенная для преобразования энергии в электрическую энергию и передачи ее потребителю.

## **ВЕТРОДВИГАТЕЛЬ (ВД)**

Устройство для преобразования ветровой энергии в механическую вращением ротора.

## **ВЕРТИКАЛЬНО – ОСЕВОЙ (ВД)**

ВД, у которого ось вращения расположена перпендикулярно вектору скорости ветра.

## **ВЕТРОКОЛЕСО (ВК)**

Лопастная система ветродвигателя, воспринимающая аэродинамические нагрузки от ветрового потока преобразующая энергию ветра в механическую энергию вращения ветроколеса.

## **ГИБРИДНЫЕ ВЭУ**

Системы, состоящие из ВЭУ и какого-либо другого источника энергии (дизельного, бензинового, газотурбинного двигателей, фотоэлектрических, солнечных коллекторов,





## ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ФИЛАТОВ Г.П.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X

ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ  
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

### ГЛОССАРИЙ

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

установок емкостного, водородного аккумулирования воздуха и т.д.), используемых в качестве резервного или дополнительного источника электроснабжения потребителей.

### ГОЛОВКА (ГОНДОЛА) ВД

Составная часть ВА с горизонтально-осевым ВД, в котором размещены элементы опор ВК, СПМ, СГЭЭ, система ориентации ВК на направление ветра и другие элементы ВД.

### ГОРИЗОНТАЛЬНО – ОСЕВОЙ (ВД)

ВД, у которого ось вращения ветроколеса расположена параллельно или почти параллельно вектору скорости ветра.

### ДИАМЕТР (ВК)

Диаметр окружности, описываемой наиболее удаленными от оси вращения ВК частями лопастей.

### ИНВЕРТОРЫ

Приборы, служащие для преобразования постоянного тока от аккумуляторов в переменный ток напряжением 220 В.

### КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА

Отношение величины механической энергии, развиваемой ВКК к полной энергии ветра, проходящей через обметаемую площадь ветроколеса.

### ЛОПАСТЬ ВК

Составная часть ВК, создающая вращающий момент.

### МАКСИМАЛЬНАЯ РАБОЧАЯ СКОРОСТЬ ВЕТРА

Скорость ветра, при которой расчетная скорость ВА позволяет производить электроэнергию без повреждений.



**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

**ФИЛАТОВ Г.П.**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X**

**ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ  
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

**ГЛОССАРИЙ**

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

Литература

Интернет-ресурсы

## **МИНИМАЛЬНАЯ РАБОЧАЯ СКОРОСТЬ ВЕТРА**

Минимальная скорость ветра, при которой обеспечивается вращение ВА с номинальной частотой вращения с нулевой производительностью (холостой ход).

## **НОМИНАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ ВА**

Максимальное значение выходной мощности, на которую рассчитан ВА в длительном режиме работы.

## **ОБЩИЙ КПД ВА**

Отношение производимой ВА полезной энергии к полной энергии ветра, проходящей через ометаемую площадь ветроколеса.

## **ОМЕТАЕМАЯ ПЛОЩАДЬ ВК**

Геометрическая проекция площади ВК на плоскость, перпендикулярную вектору скорости ветра.

## **ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ВА**

Зависимость объема продукции, производимого ВА за единицу времени, от средней скорости ветра.

## **РАСЧЕТНАЯ СКОРОСТЬ ВЕТРА**

Минимальная скорость ветра, при которой ВА развивает номинальную мощность: скорость, соответствующая началу регулирования.

## **СЕТЕВОЙ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АГРЕГАТ**

ВА с электромашинным генератором, предназначенным для работы параллельно с электрическими сетями, мощность которых является бесконечно большой или меньшей, но соизмеримой по сравнению с мощностью ВА.



**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

**ФИЛАТОВ Г.П.**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА**

**ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X**

**ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ**

**ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

**ГЛОССАРИЙ**

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

Литература

Интернет-ресурсы

## **СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ МОЩНОСТИ (СПМ)**

Комплекс устройств для передачи мощности от вала ветроколеса к валу соответствующей машины ветроагрегата с повышением или без повышения частоты вращения вала этой машины.

## **СИСТЕМА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (СГЭЭ)**

Электромашинный генератор и комплекс устройств (преобразователь, аккумулятор и т.д.) для подключения потребителю со стандартными параметрами электроэнергии.

## **СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ (ВД)**

Комплекс устройств горизонтально-осевого ВД, предназначенный для установки оси вращения ВК в соответствии с направлением ветра в определенных пределах в каждый момент времени.

## **СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ (ВД)**

Комплекс устройств, обеспечивающий регулирование в требуемых пределах частоты вращения и нагрузки ВД при изменении скорости ветра в рабочем диапазоне.

## **СКОРОСТЬ СТРАГИВАНИЯ С МЕСТА**

Минимальная скорость ветра, при которой ветроколесо начинает вращение без нагрузки.

## **СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ВЕТРА**

Значение горизонтальной составляющей скорости ветра в выбранный промежуток времени, определяемый отношением суммы измеренных значений мгновенной скорости ветра к числу измерений.

Примечание: средняя скорость ветра может определяться в минуту, час, сутки, месяц, год и т.д.



**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

**ФИЛАТОВ Г.П.**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X**

**ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ  
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

**ГЛОССАРИЙ**

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

Литература

Интернет-ресурсы

## **СРЕДНЕГОДОВАЯ СКОРОСТЬ ВЕТРА**

Средняя скорость ветра за год в конкретной местности, определяемая для заданной высоты над уровнем земной поверхности.

## **УСТАНОВЛЕННАЯ МОЩНОСТЬ ВА**

Паспортная мощность машины на выходном валу ВА.

## **ЧИСЛО ЧАСОВ (КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ)**

Отношение производительности ВА за расчетный период времени к номинальной мощности ВА.

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АККУМУЛЯТОР**

Источник тока многоразового действия. Принцип действия основан на обратимости химической реакции. Работоспособность аккумулятора может быть восстановлена путём заряда, т.е. пропускания тока в направлении обратном направлению тока при разряде.



**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

**ФИЛАТОВ Г.П.**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ  
ВЕТРОГЕНЕРАТОРА AIR-X**

**ТЕОРИТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ  
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ  
ГЛОССАРИЙ**

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

**Литература**

**Интернет-ресурсы**

## **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

### **Литература**

1. Лабейш В.Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учеб. пособие. – СПб.: СЗТУ. 2003. – 78 с.
2. Ветроэнергетика / под ред. Д. де Рензо / М.: Энергоатомиздат, 1982 – 270 с.

### **Интернет-ресурсы**

3. Сайт компании «ЭнергоСток» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energystock.ru/vetrogenerator/vetrovye-elektrostantsii>, вход свободный.
4. Сайт компании «СолнечныйДом» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.solarhome.ru/ru/wind/index.htm>, вход свободный.



Возврат  
из справки

# УПРАВЛЕНИЕ ПРОСМОТРОМ ДОКУМЕНТА

## КЛАВИАТУРА

Home

Нажатие клавиши «**Home**» на клавиатуре вызывает переход к **титульной странице** документа.  
**С титульной страницы можно осуществить переход к оглавлению** (в локальной версии курса).

PgUp



Нажатие клавиши «**PgUp**» («**PageUp**») или показанных клавиш со стрелками на клавиатуре вызывает переход к просмотру **предыдущей страницы** относительно просматриваемой в настоящий момент согласно порядку их расположения в документе.

PgDn



Нажатие клавиши «**PgDn**» («**PageDown**») или показанных клавиш со стрелками на клавиатуре вызывает переход к просмотру **следующей страницы** относительно просматриваемой в настоящий момент согласно порядку их расположения в документе.

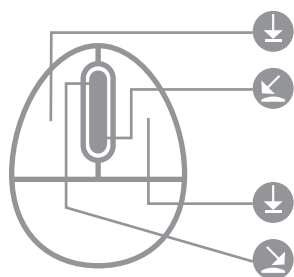
Alt

+

F4

Нажатие комбинации клавиш «**Alt**»+«**F4**» на клавиатуре вызывает **завершение работы программы просмотра** документа (в локальной версии курса).

## МАНИПУЛЯТОР «МЫШЬ»



Нажатие **левой клавиши** «мыши» или вращение **колёсика** в направлении «**от себя**» вызывает переход к просмотру **следующей страницы** относительно просматриваемой в настоящий момент согласно порядку их расположения в документе.

Нажатие **правой клавиши** «мыши» или вращение **колёсика** в направлении «**к себе**» вызывает переход к просмотру **предыдущей страницы** относительно просматриваемой в настоящий момент согласно порядку их расположения в документе.

## ПАНЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

### ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

#### 1. ПРОМЫШЛЕННЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ПО

- 1.1. Основные понятия
- 1.2. Особенности промышленного ПО и кризис его разработки
- 1.3. Сложность разработки ПО
- 1.4. Характеристики программного продукта
- 1.5. Жизненный цикл программного продукта
- 1.6. Процессы разработки
- 1.7. Модели разработки
- 1.8. Методологии разработки
  - 1.8.1. Единая система программной документации
  - 1.8.2. Microsoft Solutions Framework
  - 1.8.3. Экстремальное программирование
  - 1.8.4. Rational Unified Process
- 1.9. Выбор и адаптация методологии разработки
- Глоссарий

**Панель управления** – содержит перечень разделов, а также кнопки навигации, управления программой просмотра и вызова функции поиска по тексту.

Просматриваемый в данный момент **раздел**.

**Доступные разделы.**

В зависимости от текущего активного раздела в перечне могут присутствовать подразделы этого раздела.



Кнопка переключения между полноэкранным и оконным **режимом просмотра**.

Кнопки **последовательного перехода** к предыдущей и следующей страницам.

Кнопка **возврата к предыдущему виду**. Используйте её для обратного перехода из глоссария.

Кнопка вызова функции **поиска по тексту**.

Кнопка перехода к **справочной (этой) странице**.

Кнопка **завершения работы**.