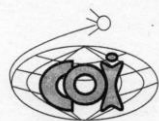


ISSN 1681-7710

**СИСТЕМИ
ОБРОБКИ
ІНФОРМАЦІЇ**

ВИПУСК 3 (70)



Харків – 2008

**INFORMATION
PROCESSING
SYSTEMS**

ISSN 1681-7710

**СИСТЕМИ
ОБРОБКИ
ІНФОРМАЦІЇ**



EXIT

Харків

Опубликовано:

[Шевченко В.В., Баженов А.С., Лаврененко Т.А. Конструкции ветроэнергетических установок при решении проблем промышленной энергетики / Сборник научных трудов "Системы обработки информации" (ISSN 1681-7710), №3(70). - Харьков: Харьковский университет воздушных сил им. И. Кожедуба, 2008. - С. 151-156]. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2527901>

На основании анализа существующих конструктивных решений и характеристик ветрогенераторов, ветроэнергетических установок в целом рассмотрены вопросы выбора вида генератора, конструкции механической части ветряной установки. Рассмотрены особенности управления, работы, недостатки и преимущества различных генераторов, ветротурбин различных конструкций. Сделан вывод о том, на что целесообразно ориентироваться для Украины в интервале рассматриваемых мощностей и с экономической, и с технической точки зрения.

Ключевые слова: типы генераторов, ветрогенератор, ветроэнергетические установки, ветротурбины

<http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/journal/soi/2008/3>
<http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/6003>
http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/6003/soi_2008_3_39.pdf

[Шевченко В.В., Баженов А.С., Лавриненко Т.О. Конструкції вітроенергетичних установок при рішенні проблем промислової енергетики / Збірник наукових праць "Системи обробки інформації" (ISSN 1681-7710), №3 (70). - Харків: Харківський університет повітряних сил ім. І. Кожедуба, 2008. - С. 151-156]. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2527901>

На підставі аналізу існуючих конструктивних рішень і характеристик вітрогенераторів, вітроенергетичних установок в цілому розглянуті питання вибору виду генератора, конструкції механічної частини вітряної установки. Розглянуті особливості управління, роботи, недоліки і переваги різних генераторів, вітротурбін різних конструкцій. Зроблений висновок про те, на що доцільно орієнтуватися для України в інтервалі даних потужностей і з економічної, і з технічної точки зору.

Ключові слова: типи генераторів, вітрогенератор, вітроенергетичні установки, вітротурбіни

[Shevchenko Valentina V., Bazhenov A.S., Lavrenenko T.A. (2008). Constructions of power winding plants at the decision of problems of industrial energy / Information Processing Systems (ISSN 1681-7710), 3(70), pp. 151-156] <https://doi.org/10.5281/zenodo.2527901>

On the basis of analysis of existent structural decisions and descriptions of wind-generator, wind-energetic plant the questions of choice of type of generator, constructions of mechanical part of the , wind setting, are considered on the whole. Management features, works, failings and advantages of different generators, are considered, wind turbine of different constructions. A conclusion is done about on what it is expedient to be oriented for Ukraine in the interval of the examined powers both from the economic and from technical point of view.

Keywords: types of generators, wind-generator, wind-energetic plant, wind turbine

http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/soi_2008_3_39.pdf



СИСТЕМИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

Випуск 3(70)

**Заснований
у 1996 році**

Відображені результати досліджень з розробки нових інформаційних технологій як для рішення традиційних задач збору, обробки та відображення даних, так і для побудови систем обробки інформації у різних проблемних галузях.

Засновник: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;
61023, м. Харків-23,
вул. Сумська, 77/79, ГНК, 101-Г

Телефони: +38 (057) 756-47-02;
+38 (057) 704-96-47

E-mail редколегії:
infosintez @ hups.edu.ua.
Інформаційний сайт:
www.hups.edu.ua.

Реферативна інформація зберігається: у загальнодержавній реферативній базі даних „Україніка наукова” та публікується у відповідних тематичних серіях **УРЖ „Джерело”**; у реферативній базі даних Всеросійського інституту наукової і технічної інформації (**ВІНІТ**) Російської академії наук і публікується у відповідних тематичних серіях РЖ

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Голова:

СТАСЄВ Юрій Володимирович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

Члени:

БІЛЬЧУК Віктор Михайлович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

ГОЛКІН Дмитро Васильович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

ГОРОБЕЦЬ Микола Миколайович (д-р фіз-мат. наук, проф., ХНУ)

ЄВДОКІМОВ Віктор Федорович

(член-кор. НАНУ, д-р техн. наук, проф., ІПМЕ НАНУ)

ІВАНОВ Віктор Кузьмич (д-р фіз-мат. наук, снс, ІРЕ НАНУ)

КАРАСЬ Вячеслав Ігнатович (д-р фіз-мат. наук, проф., ХУ ПС)

КАРПЕНКО Володимир Іванович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

КАЧАНОВ Петро Олексійович (д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»)

КОВТУНЕНКО Олексій Петрович (д-р техн. наук, проф., ЦНДІ ОБТ)

КОЗЕЛКОВ Сергій Вікторович (д-р техн. наук, проф., ЦНДІ НіУ)

КОНОВАЛЕНКО Олександр Олександрович

(академік НАНУ, д-р фіз-мат. наук, проф., РІ НАНУ)

КОНОНОВ Борис Тимофійович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

КРАСНОБАСЬ Віктор Анатолійович (д-р техн. наук, проф., ХНТУ СХ)

КУПЧЕНКО Леонід Федорович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

ЛОСЄВ Юрій Іванович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

ПРИЛЕПСЬКИЙ Євген Дмитрович (д-р фіз-мат. наук, проф., ХУ ПС)

СМЕЛЯКОВ Сергій В'ячеславович (д-р фіз-мат. наук, проф., ХУ ПС)

СТРЄЛКОВ Олександр Іванович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

ФОМЕНКО Олег Миколайович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

ХАРЧЕНКО В'ячеслав Сергійович (д-р техн. наук, проф., НАКУ «ХАІ»)

ЧИНКОВ Віктор Миколайович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

Відповідальний секретар: КУЧУК Георгій Анатолійович

(канд. техн. наук, снс, ХУ ПС)

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор

*Затверджений до друку Вченою Радою Харківського університету Повітряних Сил
(протокол № 69 від 22 травня 2008 року)*

*Занесений до “Переліку № 16 наукових фахових видань України”, затвердженого постановою
президії ВАК України від 8 червня 2005 р., № 2-05/5 (технічні науки, № 7)*

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 9500 від 13.01.2005 р.

З М І С Т

ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

<i>Асанов Е.Е.</i> Розвиток систем виявлення повітряних об'єктів за принципом пасивно-активної радіолокації	2
<i>Астраханцев А.А., Варич В.В., Вакуленко В.С.</i> Анализ коэффициентов метрики протокола маршрутизации EIGRP	5
<i>Баранник В.В., Сидченко С.А.</i> Адаптивное частотно-спектральное мультиадическое представление видеоданных	8
<i>Баранник В.В., Яковенко А.В.</i> Информационная технология сжатия изображений на основе двумерного плавающего полиадического кодирования трансформант Уолша	13
<i>Братченко Г.Д.</i> Математичне моделювання розпізнавання повітряних цілей по двовимірних радіозображеннях на бічних ракурсах	18
<i>Буданов П.Ф., Красовская Э.Т.</i> Регулирование напряжения на длинных линиях электропередач с помощью управляемых шунтирующих реакторов	21
<i>Ващенко В.М., Толочнов І.В., Гордієнко Ю.О.</i> Аналіз першого вступу сейсмічного сигналу з метою оперативного оповіщення про землетруси	25
<i>Воронін В.В., Галицький О.Ф., Зверев О.О., Кирилюк А.С.</i> Проблеми електромагнітної сумісності РЛС військового призначення з сучасними системами зв'язку в умовах конверсії частотних діапазонів роботи	29
<i>Греков В.Ф., Орлов С.В., Пьянков А.А., Ткаченко Ю.А.</i> Влияние конструктивно-компоновочных схем транспортных средств на их маневренность	34
<i>Дзюбчук Р.В.</i> Алгоритм підготовки операторів постів радіомоніторингу до роботи на приймальному пристрої AR 5000A з використанням програми-імітатора	39
<i>Буханько А.Н., Дуравкин Е.В.</i> Применение нечеткой логики в управляющих переходах E-сетей	44
<i>Егорова О.Ю., Бондаренко Е.Н.</i> Моделирование как метод динамических исследований	49
<i>Ильина И.В.</i> Процедура распределения информационных пакетов по найденному множеству маршрутов в компьютерной сети системы критического применения	52
<i>Карпенко В.И., Хачатуров В.Р., Збрицкий Р.А.</i> Устройство сканирования КВЧ излучения миллиметрового диапазона длин волн с помощью зонных пластинок	55
<i>Клименко А.Н., Борисенко Д.В.</i> Контроль и управление размещением объектов	57
<i>Клімішен О.О., Мсаллам К.П.</i> Спосіб керування рухом літака на етапі маневрування	61
<i>Ковтун А.В., Кайдалов Р.О., Табуненко В.О.</i> Методика обґрунтування параметрів механічної системи „машина – резервуар з паливом” для прискореного заправлення автомобілів у спеціальній операції по знешкодженню незаконних збройних формувань	64
<i>Комаров В.С., Солонець О.І.</i> Застосування космічних систем дистанційного зондування Землі в інтересах національної безпеки і оборони України	73
<i>Кошель А.В.</i> Оцінка якості стану складних технічних систем під час ліквідації надзвичайних ситуацій	76
<i>Кузнецов А.А., Королев Р.В., Рябуха Ю.Н.</i> Исследование статистической безопасности генераторов псевдослучайных чисел	79
<i>Ланецкий Б.Н., Лисовенко В.В., Николаев И.М.</i> Концептуальные аспекты создания информационно-аналитической системы научно-технического сопровождения эксплуатации и ремонта зенитного ракетного и радиотехнического вооружения	83
<i>Леховицкий Д.И., Кириллов И.Г.</i> Моделирование пассивных помех импульсным РЛС на основе процессов авторегрессии произвольного порядка	90
<i>Любченко Н.Ю.</i> Анализ построения операционной семантики стратифицированных семантических сетей WEB-приложений	102
<i>Магдаліна І.В.</i> Розробка програмно-алгоритмічних засобів моделювання складних дискретних систем	105
<i>Обод И.И., Заволодько А.Э.</i> Оптимальное измерение параметров сигналов в запросных системах наблюдения	108
<i>Олійник Ю.А., Дяченко Д.В., Бородавка В.А., Логінов В.В.</i> Характеристики вітру	111
<i>Пащенко Р.Э., Куц В.С., Шаповалов А.В.</i> Локализация областей наблюдения на аэрокосмических изображениях с использованием построчного вычисления фрактальных размерностей и их межстрочной обработкой	114
<i>Поляков В.В.</i> Варіант представлення на борту літального апарату злітно-посадочної смуги та світлотехнічного забезпечення автономної системи управління посадкою літаків на необладнані аеродроми	120
<i>Поночовный Ю.Л., Ивасюк А.О.</i> Имитационное моделирование потоков злонамеренных воздействий на информационные системы	123
<i>Порошин С.М., Бахвалов В.Б.</i> Пассивная радиотехническая система наведения самолета на наземный радиолокатор	126
<i>Соболенко С.О., Гуменюк В.О., Романчук В.М.</i> Метод підвищення точності навігаційних визначень за допомогою контрольно-корегуючих станцій з інваріантною антенною решіткою в складній електромагнітній обстановці	129
<i>Стасев Ю.В., Кривенко С.И.</i> Структурная модель массивов координат апертур на шкале цветности изображений	133
<i>Стрелков А.И., Кальной С.Е., Барсов В.И., Соломко Е.А.</i> Об эффективности метода накопления слабоконтрастных кадров при цифровой обработке изображений с использованием алгоритма сжатия Wavelet	136
<i>Ткаченко В.І.</i> Проблеми теорії прийняття рішень в складних організаційних ієрархічних системах	139
<i>Тулутов В.В.</i> Многоальтернативный выбор инструментальных средств системы обработки данных	142

<i>Уфимцева В.Б.</i> О построении функций сжатия информации с использованием арифметики Фибоначчи	146
<i>Шевченко В.В., Баженов А.С., Лавренко Т.А.</i> Конструкции ветроэнергетических установок при решении проблем промышленной энергетики	151
<i>Яковлев М.Ю., Герасимов С.В., Никитюк О.Б.</i> Исследование неустойчивости метрологических характеристик средств измерительной техники сложных энергетических объектов	157
МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ, ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ	
<i>Дашевская Е.Е.</i> Оценка экономической эффективности внедрения и эксплуатации экспертной системы по реновации водораспределительной сети	160
<i>Замирец Н.В., Баулин С.А.</i> Моделирование планов реализации программ государственного уровня на основе финансовых и ресурсных профилей	164
<i>Лысенко Д.Э., Чумаченко И.В., Выходец Ю.С., Пономаренко В.П.</i> Прецедентный метод формирования команды исполнителей проекта	168
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ВИХОВАННЯ	
<i>Бочаров Б.П., Воеводина М.Ю.</i> Анализ эффективности алгоритма восстановления пропущенных значений временного ряда результатов тестирования знаний	171
ІНФОРМАЦІЯ ТА ХРОНІКА	175
НАШІ АВТОРИ	176
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК	178

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

СИСТЕМИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Випуск 3 (70)

Відповідальний за випуск *Г.А. Кучук*

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 9500 від 13.01.2005 р.

Комп'ютерна верстка: *І.А. Лебедева, В.В. Кірвас, А.Д. Бердочник*

Оформлення обкладинки: *І.В. Ільїна*

Техн. редактор *І.А. Лебедева*

Коректор *Р.Ю. Жермельова*

Підписано до друку 26.05.2007	Формат 60×84/8	Папір офсетний
Гарнітура «Times New Roman»	Друк – різнограф	Ум.-друк. арк. – 22,5
Ціна договірної	Наклад 150 прим.	Обл.-вид. арк. – 22,25
		Зам. 526-08

Адреса редакції: 61023, Харків-23, вул. Сумська, 77/79
Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба

Віддруковано у друкарні ФОП «АЗАМАЄВА В.П.»

61111, Харків – 111, вул. Познанська, 6, тел. 362-01-52

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції ХК № 134 від 23.02.05 р.

УДК 621.311.245

В.В. Шевченко, А.С. Баженов, Т.А. Лавриненко

Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

КОНСТРУКЦИИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

На основании анализа существующих конструктивных решений и характеристик ветрогенераторов, ветроэнергетических установок в целом рассмотрены вопросы выбора вида генератора, конструкции механической части ветряной установки. Рассмотрены особенности управления, работы, недостатки и преимущества различных генераторов, ветротурбин различных конструкций. Сделан вывод о том, на что целесообразно ориентироваться для Украины в интервале рассматриваемых мощностей и с экономической, и с технической точки зрения.

Ключевые слова: типы генераторов, ветрогенератор, ветроэнергетические установки, ветротурбины.

Введение

Постановка проблемы. По общим оценкам, в структуру электроэнергетики Украины основной вклад вносит тепловая энергетика классического типа (ТЭС, ТЭЦ). Общая установленная мощность энергосистемы Украины по различным источникам оценивается в 52900 МВт (по данным украинских статистических управлений) или в 48000 МВт (по данным Европейского Банка Реконструкции и Развития). Но около 45 % общей выработки электроэнергии вырабатывается на 13 установленных энергоблоках четырех АЭС Украины (и составляет около 11800 МВт), [1]. Наблюдается тенденция увеличения выработки электроэнергии на АЭС с сохранением и даже нарастанием проблем эксплуатации и хранения отработанного ядерного топлива.

Одним из перспективных направлений поиска решения этой проблемы в диапазоне малых мощностей является оценка возможности использования специальных типов синхронных генераторов с магнитоэлектрическим возбуждением.

Создание гидроаккумулирующих и парогазовых электростанций позволит в определенной степени разрешить вопрос покрытия пиковых нагрузок (источники маневренных мощностей). Однако использовать их мощности для удаленных и маломощных потребителей нерентабельно. К этой группе потребителей следует отнести отдельные фермерские хозяйства, кордоны лесников, пасеки, дачи, небольшие горные поселки и т.д. Отсутствие развитых линий электропередач, достаточно большие расстояния делают возможным обеспечение электроэнергией этих потребителей только за счет автономных источников энергии – дизельных электростанций, солнце- и ветростанций.

Солнечная энергетика для Украины возможна для очень небольшого географического региона (Крым и ряд южных областей) и не весь календар-

ный год, а другие нетрадиционные способы получения энергии: приливные станции, гейзерные, геотермальные, станции на биомассе и т.д., - для Украины либо не существуют, либо находятся в стадии первых разработок. Поэтому основное внимание следует, на наш взгляд, уделять ветроэнергетике.

Анализ литературы. Перспективы использования ветроэнергетики (ВЭ) неоднократно рассматривались различными авторами [1- 4], но эти работы были посвящены отдельно схемам включения, отдельно - системам управления. Многие работы посвящены вопросам выбора генераторов для ветроэнергетических установок (ВЭУ) Материалы, представленные в статье, базируются на публикациях по нетрадиционной энергетике, на данных исследований, представленных в материалах конференций и в научных журналах.

Цель статьи. Проанализировать сведения о существующих воздушных энергоустановках, проанализировать выбор типа электрической машины для генерирования электроэнергии, рассмотреть перспективу применения в конструкциях ветроэнергетических установок новых решений для повышения энергетических параметров. Проанализировать возможности повышения мощности ветроэнергоустановок (ВЭУ) при их конструировании и реконструкции, установить возможность внедрения новых решений по изготовлению, установке и эксплуатации ВЭУ, что оказывает влияние на их надежность, экономичность, технико - энергетические параметры.

Основной материал

Два последних десятилетия для страны были и остаются экономически очень сложными по всем вопросам, в том числе и в плане состояния, т.е. безопасности работы, атомных блоков. Из-за недополучения денег ядерным энергетическим комплексом Украины АЭС не имели средств для проведения серьезных ремонтных работ, достаточную закупку

атомного «топлива» - ТВЭЛ-ов, ТВСА, создания баз для их сухого (или любого другого) способов хранения после окончания срока их работы. Сегодня в Украине не стоит вопрос о достаточной степени безопасности АЭС, а о самой технической возможности их эксплуатации, т.к. установленное оборудование практически отработало или находится на грани окончания отработки своего ресурса. В настоящее время все АЭС требуют модернизации. По инженерно - экономическим оценкам, [1, 2], модернизация одного энергоблока АЭС оценивается в 130 млн. долларов. Начаты единичные работы: ремонт и модернизация проведены на 3 блоке Запорожской АЭС, - но это не решает проблем атомной энергетики в целом.

Состояния классической тепловой энергетики (ТЭС, ТЭЦ) еще более серьезное: на 104 энергетических блоках тепловых электростанций Украины, работающих на угле, 96% (а по некоторым оценкам 100%) оборудования отработало проектный ресурс, а 75% - превысили граничный ресурс. КПД станций снизился до 30 – 35%. ТЭС Украины не рассчитаны на работу при сжигании высокозольных низкокалорийных углей, что добываются сегодня в Украине, поэтому приходится приобретать импортный уголь. Необходимый уголь есть в некоторых шахтах Донбасса, но многие шахты закрыты, а другие работают в режиме постоянных аварий, что также не способствует увеличению добычи угля и обеспечения им ТЭС. Кроме того, на украинских ТЭС отсутствуют газоочистные сооружения, что приводит к значительному выбросу в атмосферу оксидов азота, двуокиси серы и т.д. Т.е. и тепловая энергетика находится в состоянии, близком к технической катастрофе.

Плохое техническое состояние электросетей, несовершенные системы учета, воровство электроэнергии приводит к тому, что резко увеличивается уровень потерь электроэнергии: потери в сетях всех напряжений составляют около 15-18%.

В Украине четко выражены часы пикового потребления электроэнергии, поэтому, кроме проблем с базовыми мощностями, стоит вопрос о нехватке маневренных мощностей. Создание гидроаккумулирующих и парогазовых электростанций позволяет, в некоторой степени, покрывать пиковые нагрузки, т.е. их следует оценивать, как источники маневренных мощностей.

Ветроэнергетика, как уже отмечалось, [1, 2], не может заменить классические электростанции. Более того, на наш взгляд, будущее промышленно развитых стран, все-таки, невозможно без атомной энергетики. Есть интересные предложения по использованию ТВЭЛ-ов первого круга эксплуатации: малая энергетика, - т.е. создание реакторов, способных работать на отработанных элементах, ищут

решения по очистке «зараженных» ТВЭЛ-ов, есть, наконец-то, технологии их переработки после 25-30 летней выдержки и т.д. Проблемы классических ТЭС неразрешимы, т.к. использование органического топлива имеет конечный предел, выбросы в атмосферу идут ежеминутно, проблемы зольных отвалов на сегодня также не имеют окончательного решения. Гидроэнергетика Украины из-за малого количества полноводных рек выполняет скорее вспомогательную функцию, функцию покрытия в некотором объеме пиковых нагрузок. А нарушение экологии, с учетом затопления земель, не менее значительно, чем отчуждение территорий под АЭС. Но при этом энергии вырабатывается на порядок меньше.

Отсутствие развитых линий электропередач, достаточно большие расстояния делают целесообразным обеспечивать электроэнергией этих потребителей не от централизованной СЭС Украины, а от автономных источников энергии: дизельных электроустановок, солнце- и ветроустановок. Однако и здесь предпочтение следует отдавать использованию возобновляемых источников энергии, т.е. солнечной и ветровой, т.к. они не нуждаются в топливе.

Экономическое состояние страны предполагает считать первоочередной задачей экономическую рентабельность, что также позволяет говорить о перспективности ветроэнергетики. В настоящее время доля ветровых и солнечных электростанций в мировой выработке электроэнергии составляет около 1,5%, [2]. По некоторым оптимистичным оценкам, к середине будущего века ВЭС, возможно, будут обеспечивать 10 % потребления электроэнергии в мире [1,2], рис. 1. Но это решает вопрос энергоснабжения для стран без энергоемких производств и импортирующих электроэнергию.

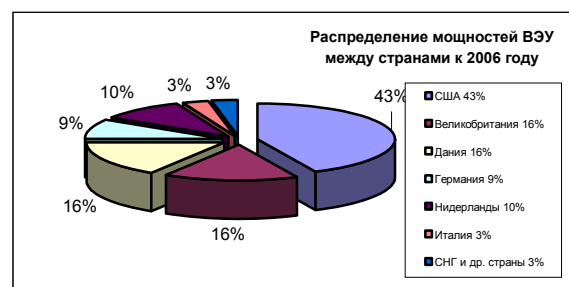


Рис. 1. Распределение мощностей ВЭУ между странами (2006 г.)

При этом значительную роль играют ветроустановки небольшой мощности. По опыту развитых стран известно, что суточная потребность семьи в сельской местности составляет до 2 кВт·час, для крупного фермерского хозяйства - до 10 кВт, для небольшой деревни (около 50 семей) – 50 кВт·час. Следовательно, для поддержания уровня жизни в мелких населенных пунктах и в единичных хозяйст-

вах необходимо создавать системы малых энергоустановок. Малая ветроэнергетика не требует больших территорий. Локальные ветроэнергетические установки (ВЭУ) могут быть установлены практически везде, где среднегодовая скорость ветра не менее 4-5 м/с, а для тихоходных многолопастных ВЭУ не менее 3 м/с.

ВЭУ мощностью 250 - 400 кВт создаются, как унифицированные агрегаты для работы параллельно с энергосистемой. ВЭУ мощностью 100 кВт предназначены для электро- и теплоснабжения потребителей, удаленных от центральных электросетей и находящихся в зонах с благоприятными ветровыми нагрузками. Единичная мощность ВЭУ, работающих совместно с сетью, растет, основной ввод по мощности относится сейчас к установкам 250 – 500 кВт, считается целесообразным переходить к установкам мегаваттного класса. Исследуются новые установки мощностью 1,5 – 3,0 МВт. Преобладают установки с горизонтальным валом турбины. Установки наибольших мощностей, обычно, работают в режимах с переменной частотой вращения. В мировой практике установлено, что целесообразно рассмотрение ВЭУ, размещаемых в море вблизи от берега, на отмелях.

Исследования режимов работы электрических сетей, в частности Крыма, доказали, что работа ветроэлектростанций (ВЭС) приводит к снижению потерь мощности во всей электрической сети, поскольку ВЭС, в большинстве случаев, находятся на периферийной части сетей энергообеспечивающих компаний, но поблизости от удаленных потребителей. Среднее снижение потерь мощности в электрической сети на 1 кВт установленной мощности при использовании ВЭС составляет 0,04 кВт. С учетом принятого коэффициента использования мощности (25%) снижение потерь энергии на протяжении года оценивается в 92,5 кВт.час на 1 кВт ВЭУ, что обеспечивает годовую экономию средств энергообеспечивающих компаний 3,1 долл./кВт.

На добычу угля идет государственная дотация (по данным Донецкого института угля - 15%,). Но в случае работы ВЭС экономится не только 15% стоимости топлива, которые государство оплачивает шахтам в виде прямых субсидий, а все 100% топлива. Годовой эффект в этом случае мог бы превысить 30 долл./кВт мощности ВЭС. Но эта экономия не учитывается, механизм использования 100% «топливного» эффекта является проблемным и поэтому этот годовой эффект носит скорее теоретический характер, [1,2].

Годовой технический ветроэнергетический потенциал в Украине равняется 30 млрд. кВт/год, [1, 2], т.е. при помощи ВЭУ можно превращать в электроэнергию 15 - 19 % годового объема энергии ветра. Наиболее благоприятными районами для ис-

пользования энергии ветра за счет сооружения ВЭС являются побережье и акватории Черного и Азовского морей, горные районы Крыма и Карпат, степные районы на юге страны. Как район возможного сооружения ВЭС, может быть и Чернобыльская зона отчуждения.

Промышленная ветроэнергетика имеет все предпосылки для успешного развития, она очень важна при решении региональных энергетических проблем, но недостаток финансирования сдерживает этот процесс. Почти все работы проводятся за средства предприятий или за счет привлеченных ими инвестиций. Улучшение экономической ситуации в стране будет способствовать более широкому развитию альтернативной энергетики.

К обычным задачам создания и эксплуатации ВЭС и ее элементов можно отнести:

1) эффективность, безопасность, надежность, учет влияния на окружающую среду;

2) выбор расчетных параметров ВЭУ, определение расчетной скорости ветра;

3) определение методов, способов, условий монтажа и эксплуатации ВЭУ;

4) выбор конструктивных и компоновочных решений основных узлов ветротурбины, определение оптимального аэродинамического профиля, единичной мощности, размеров и конструкции ветроколеса;

5) определение установленной мощности и типа генератора для ВЭУ;

6) определение системы регулирования, стабилизации частоты и напряжения, выпрямления, инвертирования, борьбы с высшими гармониками преобразователей, установление типов источников реактивной мощности.

Но уже сейчас к перечисленным задачам добавляется проблема проведения первых капитальных ремонтов и реконструкции уже достаточно долго работающих ветроустановок.

В этом случае необходимо не только заменять изношенные элементы установки, но и применять новые решения, конструкции и материалы, т.к. большой научно-технический интерес к проблемам нетрадиционной энергетики привел к тому, что именно в этой отрасли быстро появляются новые технические решения. И их необходимо внедрять при реконструкции работающих установок, также как при проектировании новых. Т.е. необходимо определить новые решения по созданию, установке и эксплуатации ВЭУ, установить, что оказывают влияние на их надежность, экономичность, технико-энергетические параметры. Поставленные задачи весьма сложны и вряд ли могли быть решены в пределах одной работы, но определение круга вопросов и начало их рассмотрения уже достойно внимания и имеет практический интерес.

В настоящее время все чаще приходится встречаться с задачей совмещения в одном исполнителе различных направлений деятельности, которые ранее были четко разграничены. Например, производство электрических машин шло на одном предприятии, а все системы управления выполнялись на других. В настоящее время система управления стала составной частью машины, поэтому проектирование, изготовление и испытание уместней в едином комплексе.

Комплексное проектирование и изготовление является перспективным и для систем ветроэнергетического комплекса. В едином комплексе необходимо выбирать отдельные составляющие ВЭУ: генератор; систему управления, защиты и коммутации; механические элементы установки ветротурбины (высоту размещения, тип лопастей и систему их крепления, ориентации по «розе ветров», систему противубуревой защиты...). Также надо убедиться, что сконструированные элементы соответствуют современному уровню создаваемых ВЭУ, требованиям повышения мощности в единице установки, энергосбережения и надежности.

Значительный вклад в общую картину работы ВЭУ вносит правильный выбор механической части, ветротурбины. Совершенствование аэродинамики ветротурбин, внедрение новых материалов, изучение и учет при проектировании усталостных явлений в ветротурбинах, оптимизация преобразовательных систем и систем регулирования позволяет существенно повысить надежность и эффективность ВЭУ, работающих параллельно с сетью, и приблизить стоимость вырабатываемой ими электроэнергии к стоимости энергии, производимой на тепловых электростанциях, рис. 2.

Значительное воздействие на работу ВЭУ оказывает форма и материал лопастей турбины (рис. 3, 4).

Формы (рис. 3) отличаются нижней поверхностью сечений. Несимметричные формы крыльев оптимизированы для создания наибольшей подъемной силы, при которой нижняя сторона крыла наиболее близка к траектории движения воздуха.

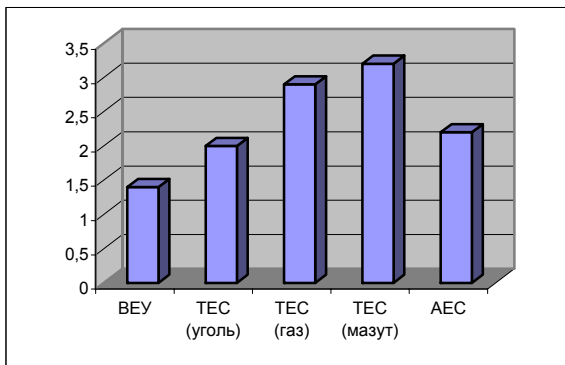


Рис. 2. Суммарные затраты (в центах) за 1 кВт. час

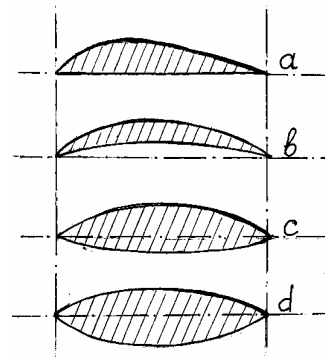


Рис. 3. Различные формы видов сечений крыла: a, b и c – несимметричной секции крыла; d – симметричная секция крыла

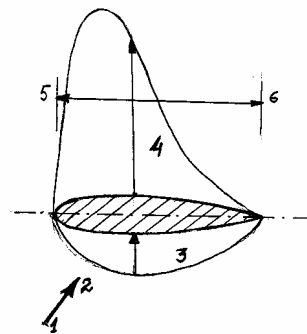


Рис. 4. Зоны низкого (3) и высокого давления (4) вокруг секции крыла в воздушном потоке (1-2); зона (5-6) – зона действия подъемной силы

Крылья симметричной формы могут одинаково хорошо создавать подъемную силу при любом направлении обтекания их воздухом. Например, демонстрационные самолеты, представляемые на аэросалонах, имеют симметричные формы крыльев, что позволяет им выполнять различные фигуры высшего пилотажа.

Каждый профиль крыла имеет определенный угол атаки, при котором коэффициент, равный отношению подъемной силы к силе тяги, (C_L/C_D) , будет максимальным. Этот угол атаки определяет значение максимальной силы и является поэтому самым эффективным критерием настройки поворота лопастей ветротурбины.

Коэффициент тяговой силы (подъема) крыла C_D может быть рассчитан:

$$C_D = \frac{D}{0,5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A_b}$$

где: D – тяговая сила, в Н; ρ – плотность воздуха, в $\text{кг}/\text{м}^3$; V – скорость воздушного потока, обтекающего крыло, м/с; A_b – площадь сечения (произведение длины зоны сечения на ширину), м^2 .

Коэффициент подъемной силы крыла (C_L) :

$$C_L = \frac{L}{0,5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A_b}$$

где L – подъемная сила крыла, в Н.

На рис. 5 приведены типичные значения коэффициентов подъема и тяги для различных значений сечений крыла.

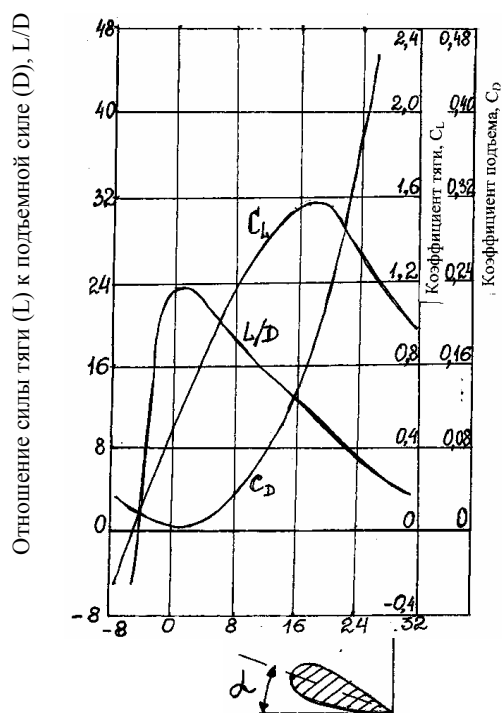


Рис. 5. Угол атаки ветра на плоскость крыла, α

Величина подъемной силы и силы тяги пропорциональны величине вырабатываемой электроэнергии. Каждое крыло имеет определенный угол атаки, при котором коэффициент, равный отношению подъемной силы к силе тяги, (C_L/C_D), максимален. Этот угол атаки определяется значением максимальной силы и является поэтому самым эффективным критерием настройки поворота лопастей ветротурбины.

Другая важная характеристика расположения крыла — его угол поворота к оси действия ветра. Это угол атаки, при котором следует использовать угол установки плоскости сечения крыла. Изменение происходит, когда поток внезапно меняет направление и проходит с другой стороны относительно поверхности крыла (когда угол атаки становится слишком крутым), это приводит к существенному снижению величины подъемной силы и увеличению силы тяги.

Когда это случается во время полета самолета, это может быть чрезвычайно опасным, если пилот не сможет внести изменения в управление самолетом. Один из методов, используемых для ветрогенераторов при регулировании вырабатываемой мощности, чтобы ограничить ее величину при сильных ветрах, основывается именно на этом явлении.

Для ветрогенераторов с мягким креплением оси, т.е. с осью ротора, способной постоянно ориентироваться по направлению дуновения ветра для

получения постоянной относительной скорости ветра и постоянной частоты вращения, угол атаки устанавливается такой, чтобы частота вращения была постоянной, [3].

Ветрогенераторы с жесткозакрепленной осью вращения при изменении условий (угла атаки воздуха) для обеспечения постоянной частоты вращения разворачивают всю ось вращения. В течение периода нормальной работы ветрогенератора с горизонтальной осью лопасти ветротурбины устанавливаются так, чтобы угол атаки оставался положительным.

Величина и направление тяговой силы изменяется в связи с изменением относительного угла ветра θ и величины радиуса r вдоль оси лопасти ветротурбины.

Так как тангенциальная скорость u уменьшается по направлению к центру вращения, то относительный угол падения ветра θ резко возрастает.

Совершенствование ВЭУ может быть достигнуто за счет совершенствования конструкции ветротурбины, что позволяет повысить эффективность установок, коэффициент использования ветра, надежность, время работы, срок службы, упрощение конструкции агрегатов и систем.

Максимально возможное значение мощности, которую реально можно получить от ветроустановки, по сравнению с теоретически возможным значением, определяется соотношением $16/27$ (59,3 %). Это происходит в случае, если скорость ветра на свободном пространстве («свободная скорость») уменьшается в три раза, т.е. когда интерференционный показатель $\alpha = 1/3$.

Значение 59,3 % часто называют пределом Betz-а в теории ветротурбин и с вертикальной, и с горизонтальными осями, [5].

Совершенствование аэродинамики ветротурбин, внедрение новых материалов, изучение и учет при проектировании усталостных явлений в ветротурбинах, оптимизация преобразовательных систем и систем регулирования позволяет существенно повысить надежность и эффективность ВЭУ, работающих параллельно с сетью и приблизить стоимость вырабатываемой ими электроэнергии к стоимости энергии, производимой на тепловых электростанциях.

В Украине используется методика расчета мощности ветроагрегата в зависимости от скорости ветра, полученная в результате аэродинамического расчета [2 - 4]. Она базируется на импульсной теории, с учетом турбулентного следа и концевых потерь по Прандтлю.

Тогда мощность определяется как

$$N = \omega \cdot M, \text{ Вт},$$

где $M = \frac{\pi \rho}{2} \cdot C_m(Z, \varphi_i) \cdot V^2 \cdot R^3$, Нм — аэродинами-

ческий момент; ω – частота вращения ротора, рад/с; ρ – удельная плотность воздуха, кг/м³; $C_m(Z, \varphi)$ – коэффициент момента (функция от двух переменных: от быстроходности Z и угла установки лопасти φ для ветротурбин с жестким креплением лопастей).

Другая важная характеристика расположения крыла – его угол поворота к оси действия ветра. Это угол атаки, при котором следует использовать угол установки плоскости сечения крыла. Изменение происходит, когда поток внезапно меняет направление и проходит с другой стороны относительно поверхности крыла (когда угол атаки становится слишком крутым), это приводит к существенному снижению величины подъемной силы и увеличению силы тяги.

Выводы

1. Форма изгиба крыла, жесткость крыла и структура многолопастной конструкции определяют величину подъемной силы, которая зависит от угла атаки и площади контактной поверхности пластины. Существует две основные формы крыла: несимметричная и симметричная. Формы отличаются нижней поверхностью секций, существуют разные системы крепления осей ветротурбин: мягкая и жесткая.. Следует использовать стальные лопасти вместо стеклопластиковых, что позволит увеличить срок службы на 10 %.

2. Максимально возможное значение мощности, которую реально можно получить от ВЭУ, по сравнению с теоретически возможным значением, определяется соотношением 16/27 (59,3 %) – **предел Betz-a** в теории ветротурбин с вертикальными и с горизонтальными осями.

3. Выбор и комплектация составных частей ВЭУ должны вестись в комплексе: генератор;

системы выпрямления, инвертирования, возбуждения, обеспечение устойчивой работы генератора в автономном режиме или на сеть, стабилизации напряжения и частоты и т.д.; механические элементы установки (высоту размещения, тип лопастей и систему их крепления, ориентации по «розе ветров», противобуревой защиты...).

4. После поведенного анализа можно утверждать, что для ВЭУ возможно применение разных типов генераторов.

Но для Украины в интервале рассматриваемых мощностей (100 – 400 кВт) целесообразно и с экономической, и с технической точки зрения для ВЭУ выбирать АГ с к.з. ротором.

Список литературы

1. Шевченко В.В. Проблемы и основные направления развития электроэнергетики в Украине // Энергетика та електрифікація. – 2007. – № 7 (287). – С. 11-16.
2. Кузьмин В.В., Тимоценков В.Г. Проблемы электропривода и преобразовательной техники в свете тенденций развития энергетики в 21 веке // Сборник научн. тр. НПО «Электротяжмаш». – Харьков: Электротяжмаш, 2004. – С. 45-52.
3. Сидельников Б.В. Современное состояние и сравнительный анализ конструктивных схем ветрогенераторов // Вестник Щецинского технического университета. – Щецин, Польша: ЩТУ, 2001. – С. 23-29.
4. Булгаков А.А. Частотное управление асинхронными электродвигателями. – М.: Наука, 1966. – 280 с.
5. Renewable Energy. Power for a Sustainable Future. – Oxford University Press in Association with The Open University, 2004. – 452 p.

Поступила в редколлегию 30.04.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Ф. Артюх, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.

КОНСТРУКЦІЇ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ПРИ РІШЕННІ ПРОБЛЕМ ПРОМИСЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

В.В. Шевченко, А.С. Баженов, Т.О. Лаврінченко

На підставі аналізу існуючих конструктивних рішень і характеристик вітрогенераторів, вітроенергетичних установок в цілому розглянуті питання вибору виду генератора, конструкції механічної частини вітряної установки. Розглянуті особливості управління, роботи, недоліки і переваги різних генераторів, вітротурбін різних конструкцій. Зроблений висновок про те, на що доцільно орієнтуватися для України в інтервалі даних потужностей і з економічної, і з технічної точки зору.

Ключові слова: типи генераторів, вітрогенератор, вітроенергетичні установки, вітротурбіни.

CONSTRUCTIONS OF POWER WINDING PLANTS AT THE DECISION OF PROBLEMS OF INDUSTRIAL ENERGY

V.V. Shevchenko, A.S. Bacshenov, T.A. Lavrinenko

On the basis of analysis of existent structural decisions and descriptions of wind-generator, wind-energetic plant the questions of choice of type of generator, constructions of mechanical part of the, wind setting, are considered on the whole. Management features, works, failings and advantages of different generators, are considered, wind turbine of different constructions. A conclusion is done about on what it is expedient to be oriented for Ukraine in the interval of the examined powers both from the economic and from technical point of view.

Keywords: types of generators, wind-generator, wind-energetic plant, wind turbine.

НАШІ АВТОРИ

- АСАНОВ** Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник
Емір Едемович
- АСТРАХАНЦЕВ** Харківський національний університет радіоелектроніки, кандидат технічних наук
Андрій Анатолійович
- БАЖЕНОВ** Українська інженерно - педагогічна академія, Харків, магістр
Анатолій Сергійович
- БАРАННИК** Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, доктор технічних наук, ст. наук. співробітник, провідний науковий співробітник
Володимир Вікторович
- БАРСОВ** Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, кандидат технічних наук, доцент, декан
Валерій Ігоревич
- БАУЛІН** Національне космічне агентство України, Київ, заступник Генерального директора
Сергій Олексійович
- БАХВАЛОВ** Військовий інститут при Київському національному університеті ім. Т. Шевченка, кандидат технічних наук, доцент
Валентин Борисович
- БОНДАРЕНКО** Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, студент магістратури
Євген Миколайович
- БОРИСЕНКО** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студент
Дмитро Володимирович
- БОРОДАВКА** Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, старший викладач
Вадим Анатолійович
- БОЧАРОВ** Харківська національна академія міського господарства, кандидат технічних наук, доцент кафедри
Борис Петрович
- БРАТЧЕНКО** Військовий інститут Одеського національного політехнічного університету, Одеса, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник начальник НДВ
Геннадій Дмитрович
- БУДАНОВ** Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
Павло Феофанович
- БУХАНЬКО** Харківський національний університет радіоелектроніки, асистент
Олександр Миколайович
- ВАКУЛЕНКО** Харківський національний університет радіоелектроніки, студент
Володимир Сергійович
- ВАРИЧ** Харківський національний університет радіоелектроніки, студент
В'ячеслав Володимирович
- ВАЩЕНКО** Національний антарктичний науковий центр, Київ, доктор фізико-математичних наук, професор, заступник директора з наукових питань
Володимир Миколайович
- ВИХОДЕЦЬ** Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ», Харків, кандидат технічних наук, доцент
Юлія Сергіївна
- ВОЄВОДИНА** Харківська національна академія міського господарства, старший викладач
Марія Юрїєвна
- ВОРОНІН** Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, заступник начальника факультету з навчальної роботи
Віктор Валерійович
- ГАЛИЦЬКИЙ** Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, доцент кафедри
Олег Феліксович
- ГЕРАСИМОВ** Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Сергій Вікторович
- ГОРДІЄНКО** Головний Центр спеціального контролю НКАУ, Макарів-1, інженер науково-дослідницького випробувального відділу
Юрій Олексійович
- ГРЕКОВ** Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Володимир Пилипович
- ГУМЕНЮК** Об'єднане оперативне командування, магістр військового управління
Володимир Олександрович
- ДАШЕВСЬКА** Харківська національна академія міського господарства, аспірант
Олена Євгенівна
- ДЗЮБЧУК** Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова, кандидат технічних наук, начальник НДП
Роман Васильович
- ДУРАВКІН** Харківський національний університет радіоелектроніки, кандидат технічних наук, доцент кафедри
Євген Володимирович
- ДЯЧЕНКО** Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, ст. наук. співробітник, провідний науковий співробітник
Дмитро Володимирович
- ЄГОРОВА** Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, кандидат технічних наук, доцент
Ольга Юрїєвна
- ЗАВОЛОДЬКО** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», старший викладач
Ганна Едвардівна
- ЗАМІРЕЦЬ** ДП Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування, Харків, доктор технічних наук, професор, Генеральний директор – головний конструктор
Микола Васильович
- ЗБРИЦЬКИЙ** Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, ад'юнкт
Роман Олександрович
- ЗВЄРЄВ** Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, старший викладач
Олексій Олексійович
- ІВАСЮК** Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації НТУУ „КПІ”, Полтава, кандидат технічних наук, доцент кафедри
Олександр Олегович
- ІЛЬІНА** Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, інженер
Ірина Віталіївна
- КАЙДАЛОВ** Академія внутрішніх військ МВС України, Харків, старший викладач
Руслан Олегович

КАЛЬНИЙ <i>Сергій Євгенович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат фізико-математичних наук, доцент
КАРПЕНКО <i>Володимир Іванович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник
КИРИЛЮК <i>Анатолій Сергійович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, доцент кафедри
КІРІЛЛОВ <i>Ігор Германович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри
КЛИМЕНКО <i>Алла Миколаївна</i>	Національний технічний університет «ХПІ», Харків, кандидат технічних наук, старший викладач
КЛІМШЕН <i>Олексій Олегович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
КОВТУН <i>Анатолій Васильович</i>	Академія внутрішніх військ МВС України, Харків, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
КОМАРОВ <i>Володимир Сергійович</i>	в/ч А1906, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, заступник начальника відділу
КОРОЛЬОВ <i>Роман Володимирович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, ад'юнкт
КОШЕЛЬ <i>Анатолій Васильович</i>	Науково-дослідний, проектно-конструкторський та технологічний інститут мікрографії, Харків, кандидат технічних наук, доцент
КРАСОВСЬКА <i>Емма Терентівна</i>	Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, доцент кафедри
КРИВЕНКО <i>Сергій Іванович</i>	Державна інспекція зв'язку, Київ, начальник інспекції
КУЗНЕЦОВ <i>Олександр Олександрович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, начальник ІОЦ
КУЦ <i>Володимир Сергійович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, доцент, старший викладач
ЛАВРИНЕНКО <i>Тетяна Олексіївна</i>	Українська інженерно - педагогічна академія, Харків, асистент
ЛАНЕЦЬКИЙ <i>Борис Миколайович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник
ЛЕХОВИЦЬКИЙ <i>Давид Ісакович</i>	Харківський національний університет радіоелектроніки, доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник НДІ
ЛИСЕНКО <i>Дмитро Едуардович</i>	Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків, аспірант
ЛІСОВЕНКО <i>Валерій Вікторович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, старший науковий співробітник
ЛОГІНОВ <i>Василь Васильович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший викладач
ЛЮБЧЕНКО <i>Наталія Юріївна</i>	Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кандидат технічних наук, доцент кафедри
МАГДАЛІНА <i>Ігор Валерійович</i>	Харківський національний університет внутрішніх справ, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
МСАЛЛАМ <i>Катерина Петрівна</i>	Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків, кандидата технічних наук, асистент
НІКІТЮК <i>Олег Борисович</i>	Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, кандидат технічних наук, доцент кафедри
НІКОЛАЄВ <i>Іван Михайлович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, ст. наук. співробітник, провідний науковий співробітник
ОБОД <i>Іван Іванович</i>	Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доктор технічних наук, професор, професор кафедри
ОЛІЙНИК <i>Юрій Анатолійович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, науковий співробітник
ОРЛОВ <i>Сергій Володимирович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
П'ЯНКОВ <i>Анатолій Андрійович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
ПАЩЕНКО <i>Руслан Едуардович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, доцент, докторант
ПОЛЯКОВ <i>Володимир Вадимович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, ад'юнкт
ПОНОМАРЕНКО <i>Володимир Петрович</i>	ВАТ «Кримський содовий завод», Красноперекоськ, АР Крим, Голова правління
ПОНОЧОВНИЙ <i>Юрій Леонідович</i>	Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації НТУУ «КПІ», Полтава, кандидат технічних наук, доцент кафедри
ПОРОШИН <i>Сергій Михайлович</i>	Національний технічний університет «ХПІ», Харків, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри
РОМАНЧУК <i>Василь Максимович</i>	Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова, начальник кафедри
РЯБУХА <i>Юрій Миколайович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, здобувач
СІДЧЕНКО <i>Сергій Олександрович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, науковий співробітник
СОБОЛЕНКО <i>Сергій Олександрович</i>	Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова, кандидат технічних наук, викладач кафедри

Наші автори

СОЛОМКО <i>Євген Олександрович</i>	Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, аспірант
СОЛОНЕЦЬ <i>Олексій Іванович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
СТАСЄВ <i>Юрій Володимирович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, доктор технічних наук, професор, заступник начальника університету з навчальної роботи
СТРЕЛКОВ <i>Олександр Іванович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, доктор технічних наук, професор, завідуючий кафедрою
ТАБУНЕНКО <i>Володимир Олександрович</i>	Академія внутрішніх військ МВС України, Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри
ТКАЧЕНКО <i>Віктор Іванович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат військових наук, професор, начальник університету
ТКАЧЕНКО <i>Юрій Анатолійович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, науковий співробітник
ТОЛЧОНОВ <i>Іван Вікторович</i>	Головний Центр спеціального контролю НКАУ, Макарів-1, начальник центру
ТУЛУПОВ <i>Володимир Володимирович</i>	Харківський національний університет внутрішніх справ, кандидат технічних наук, доцент
УФІМЦЕВА <i>Вікторія Борисівна</i>	Харківська національна академія міського господарства, кандидат технічних наук, доцент кафедри
ХАЧАТУРОВ <i>Владлен Рубенович</i>	Державне підприємство «НДІ РЕТ», кандидат технічних наук, директор
ЧУМАЧЕНКО <i>Ігор Володимирович</i>	Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ», Харків, доктор технічних наук, професор, декан, завідувач кафедри
ШАПОВАЛОВ <i>Олександр Васильович</i>	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, інженер
ШЕВЧЕНКО <i>Валентина Володимирівна</i>	Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, кандидат технічних наук, доцент, декан
ЯКОВЕНКО <i>Олександр Васильович</i>	Науково-дослідний інститут МВС України, начальник центра спецтехніки
ЯКОВЛЄВ <i>Максим Юрійович</i>	НЦ Сухопутних військ Львівського інституту Сухопутних військ Національного університету «Львівська політехніка», кандидат технічних наук, начальник НДЛ

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

<i>Асанов Е.Е.</i>	2	<i>Лісовенко В.В.</i>	83
<i>Астраханцев А.А.</i>	5	<i>Логінов В.В.</i>	111
<i>Баженов А.С.</i>	151	<i>Любченко Н.Ю.</i>	102
<i>Баранник В.В.</i>	8, 13	<i>Магдаліна І.В.</i>	105
<i>Барсов В.І.</i>	136	<i>Мсаллам К.П.</i>	61
<i>Баулін С.О.</i>	164	<i>Нікітюк О.Б.</i>	157
<i>Бахвалов В.Б.</i>	126	<i>Ніколаєв І.М.</i>	83
<i>Бондаренко Є.М.</i>	49	<i>Обод І.І.</i>	108
<i>Борисенко Д.В.</i>	57	<i>Олійник Ю.А.</i>	111
<i>Бородавка В.А.</i>	111	<i>Орлов С.В.</i>	34
<i>Бочаров Б.П.</i>	171	<i>П'янков А.А.</i>	34
<i>Братченко Г.Д.</i>	18	<i>Пащенко Р.Е.</i>	114
<i>Буданов П.Ф.</i>	21	<i>Поляков В.В.</i>	120
<i>Буханько О.М.</i>	44	<i>Пономаренко В.П.</i>	168
<i>Вакуленко В.С.</i>	5	<i>Поночовний Ю.Л.</i>	123
<i>Варич В.В.</i>	5	<i>Порошин С.М.</i>	126
<i>Ващенко В.М.</i>	25	<i>Романчук В.М.</i>	129
<i>Виходець Ю.С.</i>	168	<i>Рябуха Ю.М.</i>	79
<i>Воеводина М.Ю.</i>	171	<i>Сідченко С.О.</i>	8
<i>Воронін В.В.</i>	29	<i>Соболенко С.О.</i>	129
<i>Галицький О.Ф.</i>	29	<i>Соломко Є.О.</i>	136
<i>Герасимов С.В.</i>	157	<i>Солонець О.І.</i>	73
<i>Гордієнко Ю.О.</i>	25	<i>Стасєв Ю.В.</i>	133
<i>Греков В.П.</i>	34	<i>Стрелков О.І.</i>	136
<i>Гуменюк В.О.</i>	129	<i>Табуненко В.О.</i>	64
<i>Дашевська О.Є.</i>	160	<i>Ткаченко В.І.</i>	139
<i>Дзюбчук Р.В.</i>	39	<i>Ткаченко Ю.А.</i>	34
<i>Дуравкін Є.В.</i>	44	<i>Толчонов І.В.</i>	25
<i>Дяченко Д.В.</i>	111	<i>Тулупов В.В.</i>	142
<i>Егорова О.Ю.</i>	49	<i>Уфїмцева В.Б.</i>	146
<i>Заволодько Г.Е.</i>	108	<i>Хачатуров В.Р.</i>	55
<i>Замирець М.В.</i>	164	<i>Чумаченко І.В.</i>	168
<i>Збрицький Р.А.</i>	55	<i>Шаповалов О.В.</i>	114
<i>Зверєв О.О.</i>	29	<i>Шевченко В.В.</i>	151
<i>Івасюк О.О.</i>	123	<i>Яковенко О.В.</i>	13
<i>Ільїна І.В.</i>	52	<i>Яковлев М.Ю.</i>	157
<i>Кайдалов Р.О.</i>	64		
<i>Кальний С.Є.</i>	136		
<i>Карпенко В.І.</i>	55		
<i>Кирилюк А.С.</i>	29		
<i>Кіріллов І.Г.</i>	90		
<i>Клименко А.М.</i>	57		
<i>Клімішен О.О.</i>	61		
<i>Ковтун А.В.</i>	64		
<i>Комаров В.С.</i>	73		
<i>Корольов Р.В.</i>	79		
<i>Кошель А.В.</i>	76		
<i>Красовська Е.Т.</i>	21		
<i>Кривенко С.І.</i>	133		
<i>Кузнецов О.О.</i>	79		
<i>Куц В.С.</i>	114		
<i>Лавріненко Т.О.</i>	151		
<i>Ланецький Б.М.</i>	83		
<i>Леховицький Д.І.</i>	90		
<i>Лисенко Д.Е.</i>	168		