

**Учредитель и издатель:**

ОАО «Научно-исследовательский институт энергетических сооружений»

**Журнал зарегистрирован**

в Министерстве РФ по делам печати, радиовещания и средств массовых коммуникаций

**Свидетельство о регистрации:**

ПИ № 77-16850 от 20 ноября 2003 г.

Главный редактор — *Шполянский Ю.Б.*

Зам. главного редактора — *Семенов И.В.*

Ответственный секретарь — *Николаев В.Г.*

Выпускающий редактор — *Мелихова А.Г.*

Технический секретарь — *Польдяева М.В.*

Корректор — *Полякова Е.Б.*

**Редакционный совет:**

*Бляшко Я.И., Волшаник В.В.,*

*Виссарионов В.И., Грибков С.В.,*

*Затопаев Б.С., Ильковский К.К.,*

*Историк Б.Л., Парников Н.М.,*

*Понкратьев П.А., Редько И.Я.,*

*Родионов В.Б., Соболев Ю.С.,*

*Усачев И.Н., Шпильрайн Э.Э.,*

*Юрченко А.Н.*

**Компьютерная верстка и дизайн:**

*Мелихова А.Г.*

**Адрес редакции:**

125362, г. Москва,

Строительный пр-д, д. 7а.

Тел: (495) 497 21 51, (495) 493 51 32.

Факс: (495) 363 56 51

E-mail: melihova@niies.ru

Подписано в печать

Формат 60x90 1/8

Бумага мелованная 110. Печать

офсетная.

Объем печ. л. Тираж экз.

## С о д е р ж а н и е

**Николаев В.Г., Ганага С.В.** Обоснование целесообразных сценариев развития отечественной ветроэнергетики **2**

**Николаев В. Г.** Научно-технические и информационные возможности повышения эффективности и минимизации затрат при проектных ветроэнергетических изысканиях **15**

**Редько И.Я., Варигина Л.В.** Стандартизация как основа поступательного развития ветроэнергетики в России **23**

**Соломин Е.В., Кирпичникова И.М.** Социальные, экономические и правовые аспекты размещения ветроустановок на зданиях и сооружениях **29**

**Кирпичникова И.М., Соломин Е.В.** Методика балансировки ротора ветроэнергетической установки с вертикальной осью вращения **39**

**Кристиан Штайнрайбер, Ситкарева Мария .** Использование проектного механизма «Совместного Осуществления» Киотского протокола в гидроэнергетике **44**

**Мартти Суракка .** Технологии производства синтетического дизельного топлива **51**

**Тайсаева В.Т.** Концепции создания экопоселения с энергосберегающими технологиями на базе возобновляемых источников энергии **55**

**Тайсаева В.Т., Малых В.В, Мазаев Л.Р.** Создание экопоселения с автономными энергосберегающими системами жизнеобеспечения на базе возобновляемых источников энергии **61**

**Вицков В.В.** Демонстрационная зона — технология продвижения энергоэффективного оборудования новых и возобновляемых источников энергии в Волгоградском регионе **67**

**Панцхава Е.С.** Отечественная биоэнергетика как элемент развития внутреннего рынка России **69**

**Врадий М.В.** Эколого-экономический эффект от замещения традиционного топлива нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии на примере «Виртуальных лесов» **83**

**Введенский О.Г., Иванов А.В.,** Перспективы использования водяных струй для обеспечения рыбопропуска через ПЭС **86**

**Конференции, совещания, семинары, выставки**

## ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНЫХ СЦЕНАРИЕВ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ

Николаев В.Г., к. ф-м. н., Ганага С.В. к. ф-м. н., НИЦ «АТМОГРАФ»

Настоящая статья имеет своей целью обратить внимание Правительственных кругов, федерального и региональных руководств электроэнергетической отрасли, а также крупных топливно-энергетических компаний и общественности России на целесообразность создания крупной отечественной ветроэнергетической отрасли.

8 января 2009 г. премьер-министром РФ В.В. Путиным подписано Постановление Правительства № 1-р о доведении к 2020 г. доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в электрогенерации России до 20%, из которых  $H \approx 15,5\%$  должно вырабатываться большими гидростанциями (ГЭС), а 4,5% — другими видами ВИЭ: малыми ГЭС, ветроэлектрическими станциями (ВЭС), энергостанциями на биомассе, геотермальными ТЭЦ.

Постановление не определяет вклады в производство электроэнергии отдельных видов ВИЭ, однако, принятые суммарные цели по ВИЭ подразумевают долю ВЭС в электрогенерации к 2020 г.  $H \approx 1\%$  (17,5 млрд. кВт·ч при суммарной установленной мощности ВЭС 7 ГВт). Контрольные рубежи ветроэнергетического проекта России до 2020 г., в обосновании которых принимали участие авторы статьи [1], [3], содержатся в проекте Постановления Правительства, с 2008 г. находящемся на согласовании в Министерствах РФ. Одной из причин длительного (почти год) времени согласования целей по разным видам ВИЭ является, по всей видимости, отсутствие уверенности Правительства и общественности в целесообразности активного развития новых отраслей энергетики страны, обладающей большими запасами традиционного углеводородного сырья, особенно в условиях мирового и отечественного экономического кризиса.

В связи с этим открытым и актуальным остается вопрос: нужны ли России новые нетрадиционные для нее в настоящее время виды ВИЭ, в том числе ВЭС. И если нужны, то в каких масштабах, в какие сроки, за счет каких средств и сил.

Логика и выводы статьи построены на результатах комплексного анализа существующей и грядущей энергодефицитности России, технологических возможностях наращивания электрогенерирующих мощностей страны с учетом технического уровня современных ВЭС и их обеспеченности ветроэнергетическими ресурсами, а также экономической целесообразности их широкомасштабного внедрения в России.

### Возможности ВЭС в решении проблемы энергодоступности в России

В настоящее время Россия испытывает энергетический дефицит, проявляющийся в нехватке электроэнергии во многих промышленно развитых регионах страны, в трудностях и дороговизне подключения новых жилых и промышленных объектов к централизованным сетям и энергосистемам и других негативных сигналах. Проблема энергодоступности в России является одной из наиболее актуальных уже сегодня и неизбежно будет обостряться в будущем в связи с ростом энергопотребления, соответствующим требуемому развитию страны (рис. 1).



Рис. 1. Планируемые в Энергетической стратегии России объемы и структура производства электроэнергии до 2030 г. []

По всем известным прогнозным сценариям потребления электроэнергии установленные мощности и суммарная электрогенерация в стране должны вырасти к 2020 г. как минимум на 23 – 30%, а к 2030 г. — на 50 – 70%, то есть нарастать со средней скоростью  $H \approx 2,3 - 3,3\%$  в год. Необходимость модер-

Таблица 2

**Рост выработки электроэнергии  
в абсолютных значениях в млрд. кВт·ч  
и в % к 1990 г. (в скобках) по странам**

Страны	Годы						
	1990	1995	1998	2000	2002	2004	2006
Велико-британия	319 (100)	334 (104,7)	358 (112,2)	372 (116,6)	388 (121,6)	401 (125,7)	398 (124,8)
Германия	513 (100)	537 (104,8)	556 (108,4)	571 (111,3)	572 (111,5)	612 (119,3)	637 (124,2)
Франция	420 (100)	494 (117,6)	511 (121,7)	541 (128,8)	559 (133,1)	571 (136,0)	575 (136,9)
США	3197 (100)	3582 (112,0)	3833 (119,9)	3971 (124,2)	4051 (126,7)	4158 (130,1)	4300 (134,5)
Япония	857 (100)	990 (115,5)	1046 (122,1)	1058 (123,5)	1058 (123,5)	1066 (124,4)	1101 (128,5)
Китай	621 (100)	1008 (162,3)	1166 (187,8)	1356 (218,4)	1640 (264,1)	2260 (363,9)	2864 (461,2)
Индия	289 (100)	418 (144,6)	496 (171,6)	542 (187,5)	580 (200,7)	662 (229,1)	744 (257,4)
Россия	1082 (100)	860 (79,5)	827 (76,4)	878 (81,1)	891 (82,7)	932 (86,1)	996 (92,1)

Таблица 1

**Рост коэффициентов использования  
номинальной мощности электростанций  
России,  $K_{инм}$  (%)**

Вид ЭС	ТЭС	ГЭС	АЭС	Средний по РФ
1995 г.	44,5	45,9	53,3	45,7
1998 г.	43,2	41,3	55,6	44,1
1999 г.	43,5	41,6	64,1	45,2
2000 г.	45,3	42,5	68,8	47,1
2001 г.	44,8	45,2	68,8	47,4
2002 г.	45,5	41,8	71,2	47,4
2003 г.	46,9	39,8	75,6	48,4
2004 г.	47,0	44,5	72,8	49,2
2005 г.	48,0	43,4	72,0	49,6
2006 г.	50,0	43,3	75,1	51,4
2007 г.	50,4	43,8	77,1	51,9

В связи с этим, для обеспечения энергетической состоятельности страны необходимо ежегодно вводить в предстоящие 10 – 20 лет в среднем не менее 4,3 – 4,5% или  $\geq 10$  ГВт новых электрогенерирующих мощностей.

Отметим, что такие страны, как Индия и Китай в последние 15 – 20 лет демонстрируют и более высокие темпы наращивания электрогенерации на уровне 10% в год, но даже в СССР рекордный рост мощностей не превышал 8,5 ГВт/год (в 1985 г.), а большинство развитых стран имеют в последние годы более скромные показатели на уровне 2 – 3% годовых (табл. 2).

В современных условиях организационной раздробленности энергосистем, хозяйственно-правовой разобщенности топливно-энергетических компаний страны и отсутствия достаточно эффективного государственного управления энергетикой, а также ограниченности в современной России финансовых, производственных и профессио-

нальных ресурсов, низкой платежеспособности населения и промышленности, реализация требуемых темпов роста отечественной электроэнергетики представляется сверхсложной задачей.

Существенным препятствием в реализации планов явится реальная продолжительность строительно-производственных циклов традиционных АЭС ( $H \approx 8$  лет), ТЭС и крупных ГЭС ( $H \approx 4 - 6$  лет) с соответствующим замораживанием финансовых ресурсов.

Планируемая структура производства электроэнергии в стране до 2030 г., установленная энергетической стратегией России, определяет основой будущей электроэнергетики страны тепловые электростанции на органическом топливе. На их долю будет приходиться основной прирост и 67 – 68% суммарной электрогенерации (из них около двух третей — на природном газе), 13 – 14% и 17,5 – 19,5% дадут соответственно ГЭС и АЭС, при этом суммарные мощности и выработки электроэнергии АЭС вырастут примерно в полтора раза, а крупных ГЭС – на четверть к сегодняшнему уровню (см. рис. 1).

Сколько-нибудь значительный ввод ВИЭ в целом и ВЭС, в частности, в Стратегии, принятой в 2005 г., не планировался и должен быть весьма существенно скорректирован в соответствии с Постановлением Правительства по целям ввода ВИЭ до 2020 г.

В связи с этим авторы видят своей задачей доказательство состоятельности современных ВЭС, как реального средства быстрого и эффективного наращивания электрогенерирующих мощностей России. В качестве косвенных аргументов в пользу данного утверждения сошлемся на мировой опыт увеличения электрогенерирующих мощностей за счет ВЭС.

**Уровень и планы развития мировой ветроэнергетики**

На рис. 2 приведены графики наращивания суммарных установленных мощностей ВЭС в наиболее преуспевающих в ветроэнергетике странах.



Рис. 2. Темпы нарастания суммарных установленных мощностей ВЭС

Впечатляют планы развития мировой ветроэнергетики. Так, суммарная мощность ВЭС в Европе к 2030 г. составит 300 ГВт. США к 2030 г. планируют обеспечить электропотребление за счет ВЭС на 20%. Китай к 2020 г. планирует довести мощность ВЭС до 100 ГВт; Англия, Италия, Франция и Испания к 2020 г. – соответственно до 10, 16, 25 и 45 ГВт; Германия к 2030 г. – до 55 ГВт.

В табл. 3 приведены обобщенные авторами фактические и прогнозные показатели развития ветроэнергетики в разных странах мира, рассчитанные в процентах от суммарной выработки электроэнергии.

Опыт передовых в ветроэнергетике стран наглядно доказывает следующее:

в настоящее время увеличение суммарной электрогенерации стран за счет ВЭС на 1 – 2% в год является вполне реальным (Германия, Дания, Испания, Португалия, Индия, Китай);

использование ВЭС для выработки электроэнергии на уровне 7 – 10% от суммарной является технологически допустимым и экономически эффективным (Германия, Дания, Испания, Португалия);

Таблица 3

**Многолетняя динамика и прогноз доли ВЭС (в %) в суммарной выработке электроэнергии в мире**

Страна	Годы										
	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2015	2020	2025	2030
Дания	4,29	7,15	11,65	14,78	15,73	16,47	16,88		20,0		
Германия	0,52	0,91	1,90	3,77	5,29	6,64	7,78		25,0		
Италия	0,03	0,12	0,27	0,52	0,83	1,41	2,51		10,0		
Нидерланды	0,59	0,75	0,90	1,41	2,11	3,15	4,73		10,0		
Испания	0,22	0,58	1,51	3,30	5,72	8,14	11,86		20,0		30,0
Великобритания	0,11	0,16	0,19	0,26	0,42	0,93	1,56		10,0		
Франция		0,0	0,02	0,05	0,13	0,53	1,17		10,0		
Португалия	0,07	0,20	0,32	0,63	1,28	4,32	9,62				
Польша		0,00	0,01	0,08	0,09	0,20	0,63		13,0		
Швеция		0,06	0,22	0,39	0,57	0,75	1,36		10,0		
Турция		0,0	0,03	0,03	0,03	0,07	0,61		8,0		
США	0,09	0,09	0,12	0,22	0,32	0,56	1,24				20,0
Канада	0,01	0,03	0,05	0,08	0,15	0,50	0,83			20,0	
Китай	0,0	0,02	0,03	0,04	0,07	0,24	1,12	4,0	8,0		
Индия	0,23	0,33	0,40	0,56	1,00	2,12	3,30				8,0
Япония	0,0	0,01	0,02	0,06	0,15	0,24	0,35	2,0	5,0		
Австралия			0,02	0,08	0,29	0,64	1,03		5,0		
Новая Зеландия			0,16	0,16	0,77	0,79	1,53			15,0	
Египет			0,01	0,14	0,30	0,48	0,78		12,0		
Бразилия				0,01	0,01	0,12	0,17				20,0
<b>Россия</b>	<b>0,00</b>		<b>2,0</b>		<b>7,0</b>						

при эффективной поддержке государств доли ВЭС в суммарной выработке электроэнергии на уровне 3 – 5 и 10 – 13% реально достигаются за времена порядка 6 – 7 и 10 – 12 лет;

многие страны, в том числе уступающие России по производственно-технологическому потенциалу, в настоящее время приняли и реализуют стратегические планы по использованию ВЭС в качестве одного из базовых источников электрогенерации (Великобритания, Германия, Дания, Испания, Италия, Польша, Португалия, Франция, Бразилия, Канада, США, Новая Зеландия и др.).

Отметим, что ряд активно развивающихся ветроэнергетику стран в значительной степени обеспечены собственным углеводородным сырьем: нефтью (Великобритания, Германия, Дания, Канада, США, Китай, Египет), газом (Нидерланды, Канада, США, Австралия), углем (Германия, Польша, Канада, США, Индия, Китай, Турция, Австралия), а также ураном (Франция, США, Индия) и обладают при этом весьма совершенными технологиями и опытом выработки энергии на их основе.

Этот факт существенно ослабляет расхожий аргумент оппонентов масштабного развития ВИЭ в России, уповающий на большие, в отличие от других стран, запасы и традиционно развитые технологии добычи углеводородов и ядерного топлива и выработки на их основе дешевой электроэнергии, и оправдывающий отставание в области ВИЭ от таких стран, как Италия, Франция, США, Япония и др.

Активность страны в развитии ветроэнергетики определяется не только отсутствием в ней других источников энергии. Основанием для отсутствия такой активности в России служат и другие, более глубинные и значимые факторы

#### *Экономические аспекты выбора стратегии электроснабжения страны на базе ВЭС*

Основными аргументами в пользу использования ВЭС являются их экономическая конкурентоспособность с наиболее дешевыми традиционными энергоисточниками, каковыми в настоящее время являются ЭС на природном газе и угле, а также значимый для России суммарный экономический эффект от их массового применения в электроэнергетике.

Приведенные в статье результаты получены с использованием развитых в НИЦ

«АТМОГРАФ» методик расчета технико-экономических показателей и численного анализа баланса годовых доходов и расходов современных ЭС с учетом реальных на 2009 г. показателей строительства и эксплуатации (включая капремонт на 13-м году работы) ГазЭС и ВЭС в российских условиях и их демонтажа после отработки одинакового 20-летнего ресурса, а также экспоненциальных моделей многолетней динамики инфляции, тарифов и цен на энергию и энергоносители (топливо).

Выработка ЭС определяется на основе разработанной авторами полуэмпирической модели их работоспособности (availability), построенной на данных об эксплуатационных характеристиках ВЭУ [2]. В соответствии с моделью после 12 – 13 года работы следует ожидать экспоненциального нарастания технических отказов ВЭУ с соответствующим увеличением времени простоев и финансовых затрат на ремонт.

Роль капитального ремонта, обычно производимого на 11 – 13 году эксплуатации ЭС, состоит в «омоложении» или возвращении их эксплуатационных характеристик к уровню 5 – 6-го года их работы, в результате чего на протяжении всего ресурсного периода удается поддерживать работоспособность ВЭУ на приемлемом уровне с временными простоями по ремонту не более 10 – 12% от годового рабочего времени.

Составляющими расходов на ВИЭ являются капитальные затраты на строительство ВЭС, эксплуатационные издержки, затраты на капитальный ремонт и, при наличии, кредитная или инвестиционная составляющая. Затраты на эксплуатацию и ремонт (текущий и капитальный) определяются в работе с учетом многолетнего роста инфляции, описываемого развитой авторами трехпараметрической экспоненциальной модели:

$$I_n = (I_0 - I_\infty) \cdot \exp(-K_1 \cdot n) + I_\infty, \quad (1)$$

где  $I_0$ ,  $I_n$  и  $I_\infty$  — официальные среднегодовые индексы инфляции соответственно в год ввода ЭС в эксплуатацию, в  $n$ -ый год эксплуатации и в год исчерпания ресурса ЭС;  $K_1$  — показатель экспоненциального спада годового индекса инфляции за период работы ЭС  $H \approx 20$  лет. При  $K_e = 0$  модель описывает неизменные по годам индексы инфляции.

При моделировании многолетнего хода инфляции в РФ предполагалось, что при стабилизации экономики России уровень инфляции в стране к 2018 – 2020 годам выйдет на средний мировой. В 2009 г. (строительство ЭС) среднегодовой индекс инфляции в России принят равным  $I_0 = I_{2009} = 13\%$ , а индекс мировой инфляции —  $I_\infty = 2,5\%$ .

Многолетние изменения тарифов и цен на энергию  $\varepsilon_n$  и энергоносители (топливо)  $f_n$  могут не следовать за ходом инфляции, но также могут быть описаны экспоненциальными моделями, аналогичными модели инфляции (1):

$$\varepsilon_n = (\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty) \cdot \exp(-K_\varepsilon \cdot n) + \varepsilon_\infty \quad (2)$$

$$f_n = (f_0 - f_\infty) \cdot \exp(-K_f \cdot n) + f_\infty \quad (3)$$

где  $e_n$ ,  $e_0$  и  $\varepsilon_\infty$ ,  $\varepsilon_\infty$  — индексы роста тарифов,  $f_n$ ,  $f_0$  и  $f_\infty$  — индексы цен на базовые для энергетики виды топлива соответственно в году ввода ВИЭ в эксплуатацию, в  $n$ -м году эксплуатации и в году исчерпания ресурса ЭС;  $K_\varepsilon$  и  $K_f$  — показатели экспоненциального спада ежегодного роста цен за период работы ЭС  $H \approx 20$  лет. При  $K_\varepsilon = 0$  и  $K_f = 0$  модели (2) и (3) описывают постоянный по годам рост цен на энергию и топливо по годам  $e_0$  и  $f_0$ .

Возможные и использованные в работе модели иллюстрируются на рис. 3 и 4.



Рис. 3. Используемые в расчетах модели роста цен на электроэнергию

Рост мировых цен на электроэнергию и энергоносители принят линейным и равным росту мировой инфляции (2,5% в год).

В работе рассмотрены различные сценарии роста цен на электроэнергию и энергоносители в России: от ограничения их роста уровнем ежегодной российской инфляции до роста по мировой модели. Однако наиболее разумной авторам представляется модель роста рос-

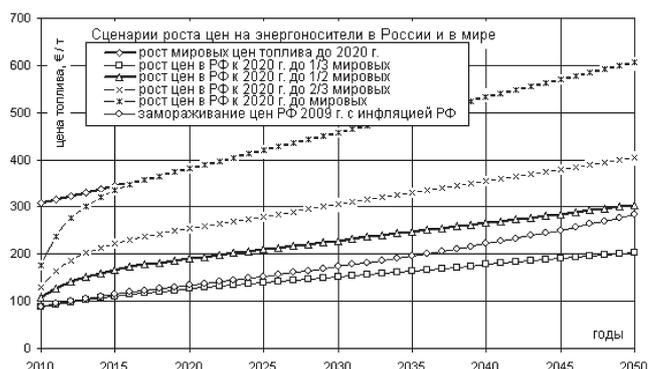


Рис. 4. Используемые в расчетах модели роста цен на энергоносители

сийских цен на электроэнергию с постепенным их выходом на уровень цен  $\approx 2/3$  от среднего мирового. Более высокий конечный уровень, по мнению авторов, недопустим исходя из необходимости создания преференций отечественному производителю в части энергообеспечения. Сохранение более низкого уровня, по всей видимости, трудно осуществимо в современной России с учетом необходимости возобновления в ближайшие годы в больших масштабах основных фондов и действующей, но сильно изношенной и устаревшей энергетической базы, а также ограниченными возможностями современных производственных мощностей страны и сильной зависимостью современной российской энергетики от импорта энергетического оборудования.

При выборе параметров модели учтены тенденции по существенному увеличению тарифов на электроэнергию в ближайшие годы.

В качестве базовой модели роста цен на ископаемое топливо на внутреннем рынке России принята модель с постепенным и конечным выходом на уровень цен  $\approx 1/2$  от мировых. Поддержание такого уровня нам представляется вполне реальным для России с учетом развитой инфраструктуры, имеющих мощностей и планов производства топливодобывающего комплекса, заинтересованности страны в наращивании экспортного потенциала, а также исходя из необходимости создания льготных условий отечественному производителю в части его обеспечения энергоносителями.

Выбор параметров расчетной модели проведен планом ГАЗПРОМа по существенному увеличению цен на природный газ на внутреннем рынке в ближайшие годы.

При расчетах предполагалось, что эксплуатационные расходы (заработная плата обслуживающего персонала, стоимость оплаты ремонтных работ и пр.) считаются пропорциональными среднегодовым индексам официально объявляемой инфляции в РФ, а затраты на импортные комплектующие и запчасти считаются пропорциональными среднегодовым индексам инфляции в Европейском Союзе (в случае европейских производителей оборудования ВЭС) или ожидаемой среднемировой инфляции (при импорте ВЭУ из Индии, США, Японии и др. стран).

На рис. 5 приведены результаты моделирования приведенных к ценам 2010 г. с учетом модели российской инфляции накапливаемых за 20 лет доходов и расходов при строительстве, эксплуатации и продаже электроэнергии эквивалентных по выработке электростанций на газе (ГазЭС) номинальной мощности 100 МВт и ВЭС номинальной мощности 170 МВт, введенных в действие в 2010 г. и работающих с коэффициентами использования номинальной мощности  $K_{ИНМ}$  соответственно 50% и 29% (реальность  $K_{ИУМ} > 29%$  для ВЭС будет подтверждена ниже).

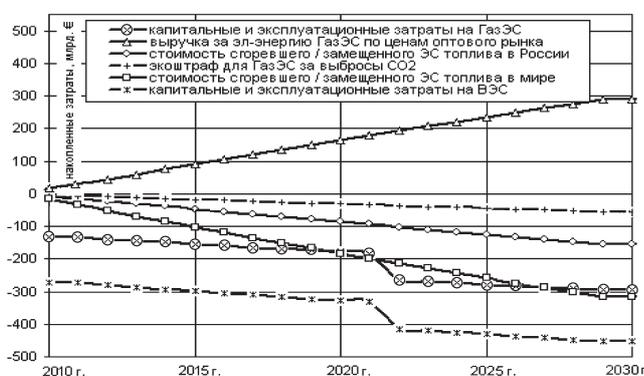


Рис. 5. Накопление доходов и расходов при строительстве и эксплуатации ГазЭС ( $K_{ИУМ} = 29%$ ) и ВЭС ( $K_{ИУМ} = 29%$ )

Исходя из цели получения оценок предельно возможной экономической эффективности рассмотренных энергетических проектов здесь приведены значения расходов и доходов, рассчитанные с нулевыми ставками кредитования и дисконтирования и при отсутствии (точнее до начала) налоговых платежей. Из уважения к профессиональным экономистам, мы оставляем им законное право по самостоятельному или совместному уточ-

нению результатов в соответствии с возможными вариантами налогообложения, амортизации, доходности и пр.

Основными составляющими экономического баланса ВЭС и ГазЭС являются капитальные и эксплуатационные затраты (включая расходы на топливо), не обязательные в настоящее время, но возможные в будущем экологические штрафы (или прямые затраты) за выбросы парниковых газов в атмосферу (по цене 15 EURO /т), а также выручка за проданную электроэнергию.

Расходы и доходы накапливаются на протяжении периода эксплуатации ЭС (см. рис. 5), приводя за 20-летний ресурсный период их работы к следующим итоговым экономическим показателям, приведенным к ценам 2010 г. с учетом российской модели инфляции (табл. 4).

Приведенные в табл. 4 результаты соответствуют трем сценариям многолетней динамики цен на топливо и электроэнергию. Вариант с «заморозкой» цен означает ограничение их роста уровнем официальной ежегодной российской инфляции. В «российском» варианте электроэнергия ЭС реализуется на оптовом российском рынке, многолетний рост цен которой описывается моделью (2) с асимптотическим выходом на 2/3 от мировых. Цены газа для ГазЭС нарастают по модели (3) с асимптотикой 1/2 от мировых. «Мировой» вариант означает быстрый выход российских цен на электроэнергию и газ на уровень мировых и их дальнейший линейный рост со скоростью мировой инфляции.

Основные результаты просчитанных вариантов сводятся к следующему:

капитальные затраты при строительстве ВЭС вместе со стоимостью присоединения к сетям, рассчитанным по европейским нормативам ввиду отсутствия унифицированных российских цен, окажутся почти вдвое выше, чем на ГазЭС при их равной производительности;

эксплуатационные затраты на ВЭС в российских условиях (с учетом неразвитой ремонтной инфраструктуры, отсутствия специалистов и транспортной дороговизны) примерно на 15% выше, чем на ГазЭС;

затраты на топливо, потребляемого ГазЭС, в сценариях с «заморозкой» цен и предлагаемом авторами «российском» варианте окажутся соответственно в 2,5 и 2,0 ниже

Таблица 4

Прогнозные экономические показатели электрогенерации на введенных в 2010 г. ГазЭС и ВЭС (в ценах, приведенных к 2010 г.) при различных сценариях роста цен на газ и электроэнергию

Показатель	Сценарий с заморозкой цен		Российский		Мировой	
	ГазЭС	ВЭС	ГазЭС	ВЭС	ГазЭС	ВЭС
Номинальная мощность ЭС, МВт	100	170	100	170	100	170
$K_{инм}$ , %	50	29	50	29	50	29
Стоимость присоединения к сети, млн. EURO	-10,05	-16,99	-10,05	-16,99	-10,05	-16,99
Капитальные затраты, млн. EURO	-157,9	-289,2	-157,9	-289,2	-157,9	-289,19
Эксплуатационные затраты, млн. EURO	-127,8	-146,1	-127,8	-146,1	-135,3	-155,63
Затраты на топливо, млн. EURO	-110,5	0	-153,6	0	-303,2	0
Экспортная стоимость топлива, млн. EURO		318,0		316,4		313,0
Экоштраф за выбросы CO <sub>2</sub> , млн. EURO	-54,8	0	-54,8	0	-54,8	0
Выручка за электроэнергию, млн. EURO	248,7	248,7	288,5	288,5	428,0	428,0
Баланс расходов и выручки, млн. EURO	-157,5	-203,6	-160,9	-163,8	-178,5	-33,8
Себестоимость эл.энергии ЭС, EURO/кВт•ч	0,042	0,036	0,051	0,036	0,080	0,036
Топливная составляющая, %	51,8	0	59,9	0	74,8	0

суммы капитальных и эксплуатационных затрат, а при «мировом» сценарии — примерно равны.

Выручка с продаж электроэнергии ГазЭС и ВЭС при сценарии с «заморозкой» цен составит соответственно 85 и 55%, при «российском» — соответственно на 98 и 64% и при мировом сценарии — в 140 и 93% от суммы капитальных и эксплуатационных затрат на ЭС. Однако с учетом затрат на топливо выручка за электроэнергию ГазЭС при всех рассмотренных сценариях окажется примерно в полтора – два раза меньше затрат на производство вырабатываемой электроэнергии.

Баланс расходов и выручки на ГазЭС и ВЭС при всех рассмотренных сценариях окажутся отрицательными, однако с переходом от варианта с «заморозкой» цен к «мировому» он изменяется в пользу ВЭС.

Себестоимость вырабатываемой ГазЭС электроэнергии растет примерно вдвое при переходе от сценария с «заморозкой» цен к мировому, при этом топливная составляющая себестоимости растет в полтора раза. Себестоимость электроэнергии, вырабатываемой ВЭС, остается постоянной и, ввиду отсутствия топливной составляющей, окажется ниже, чем у ГазЭС при любом ценовом сценарии.

Возвращаясь к необходимости крупномасштабного развития отечественной ветроэнергетики в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 1-р, рассмотрим возможные

при их реализации энергетический, экологический и экономический эффекты.

В качестве рабочих приемов два сценария развития отечественной ветроэнергетики, начальный период которых (2010 – 2020 гг.) совпадает и содержится в находящемся на министерском согласовании проекте Постановления Правительства РФ, подразумевающим установку ВЭС к 2020 г. суммарной мощностью 7 ГВт с суммарной выработкой 17,5 млрд. кВт•ч. Первый сценарий подразумевает прекращение дальнейшей установки ВЭС и их замены после выработки 20-летнего ресурса (рис. 6). По второму сценарию в период 2020 – 2030 гг. продолжается дальнейшее наращивание мощностей ВЭС примерно до 28 ГВт до 2030 г. с последующим прекращением их установки и замены после выработки 20-летнего ресурса.

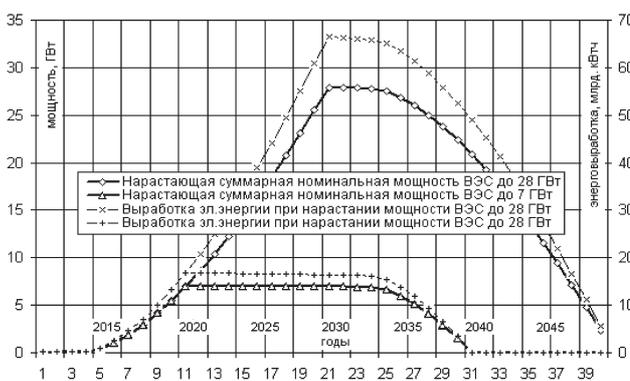


Рис. 6. Рост установленной мощности и выработки электроэнергии ВЭС

Более реальными с точки зрения энергетики и созданной под рассмотренные сценарии индустрии ВЭС, разумеется, представляются варианты с поддержкой мощностей ВЭС после периодов их наращивания (соответственно 2020 и 2030 гг.) по крайней мере на постоянном уровне (с заменой отработавших ресурс на новые). Однако для оценок экономического эффекта и инвестиционной привлекательности проектов более убедительным представляется приведение здесь результатов численного моделирования завершённых экономических циклов.

Основные результаты численного моделирования рассмотренных сценариев, более оптимистического для авторов второго варианта, приведены на рис. 7 и в табл. 5.

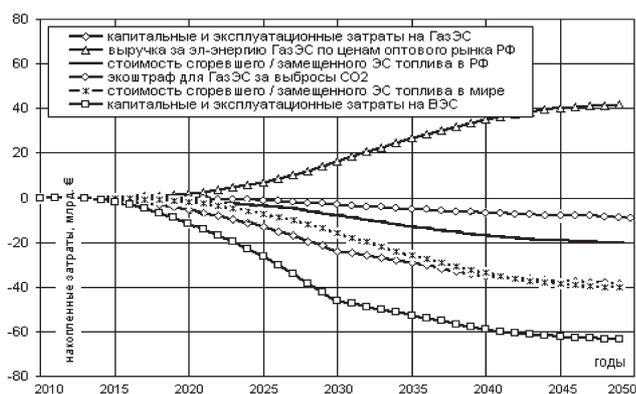


Рис. 7. Используемые в расчетах модели роста цен на энергоносители

Результаты расчетов, приведенные на рис. 7 и в табл. 5, качественно схожи с рассмотренным выше случаем ГазЭС 100 – ВЭС 170 МВт и сводятся к следующему:

капитальные затраты при строительстве ВЭС вместе со стоимостью присоединения к сетям ( $\approx 38,9$  млрд. EURO) окажутся в 2,1 раза выше, чем на ГазЭС ( $\approx 17,8$  млрд. EURO);

эксплуатационные затраты на ВЭС ( $\approx 21,7$  млрд. EURO) в российских условиях окажутся примерно на 15% выше, чем на ГазЭС ( $\approx 18,8$  млрд. EURO);

затраты на топливо, потребляемого ГазЭС, при сценариях с «заморозкой» цен, «российском» и «мировом» составят, соответственно, 15,7, 20,1 и 40,1 млрд. EURO;

выручка с продаж электроэнергии ГазЭС и ВЭС при сценариях с «заморозкой» цен, «российском» и «мировом» составят, соответственно, 17,3, 41,6 и 62,4 млрд. EURO.

С учетом затрат на топливо выручка за электроэнергию ГазЭС (ВЭС) при трех рассмотренных сценариях составит 32 (27), 71 (66) и 80% (98%) от затрат на производство вырабатываемой электроэнергии.

Баланс расходов и выручки на ГазЭС и ВЭС при всех рассмотренных сценариях окажется отрицательным, однако с переходом от варианта с «заморозкой» цен к «мировому» он изменяется в пользу ВЭС (рис. 8).

Себестоимость вырабатываемой ГазЭС электроэнергией растет вдвое при переходе от сценария с «заморозкой» цен к мировому,

Таблица 5

Итоговые прогнозные экономические показатели электрогенерации на ГазЭС и ВЭС (в ценах, приведенных к 2010 г.) при различных сценариях роста цен на газ и электроэнергию

Показатель	Сценарий с заморозкой цен		«Российский»		«Мировой»	
	ГазЭС	ВЭС	ГазЭС	ВЭС	ГазЭС	ВЭС
Номинальная мощность ЭС в 2030 г., ГВт	15,80	27,93	15,80	27,93	15,80	27,93
$K_{инм}$ , %	0,50	0,28	0,50	0,28	0,50	0,28
Стоимость присоединения к сети, млрд. EURO	-1,58	-2,80	-1,58	-2,80	-1,58	-2,80
Капитальные затраты, млрд. EURO	-17,84	-38,84	-17,84	-38,84	-17,84	-38,84
Эксплуатационные затраты, млрд. EURO	-18,83	-21,87	-18,83	-21,87	-18,83	-21,87
Затраты на топливо для ГазЭС, млрд. EURO	-15,67	0	-20,1	0	-40,1	0
Экспортная стоимость топлива, млрд. EURO	–	39,76	–	40,12	–	40,12
Экоштраф за выбросы CO <sub>2</sub> , млрд. EURO	-8,35	0	-8,35	0	-8,35	0
Выручка за электроэнергию, млрд. EURO	17,03	17,03	41,61	41,61	62,4	62,4
Баланс расходов и выручки, млрд. EURO	-36,89	-46,49	-16,71	-21,91	-15,97	-1,10
Себестоимость эл.энергии ЭС, EURO /кВт•ч	0,043	0,031	0,051	0,031	0,087	0,031
Топливная составляющая, %	66,3	0	71,3	0	83,3	0

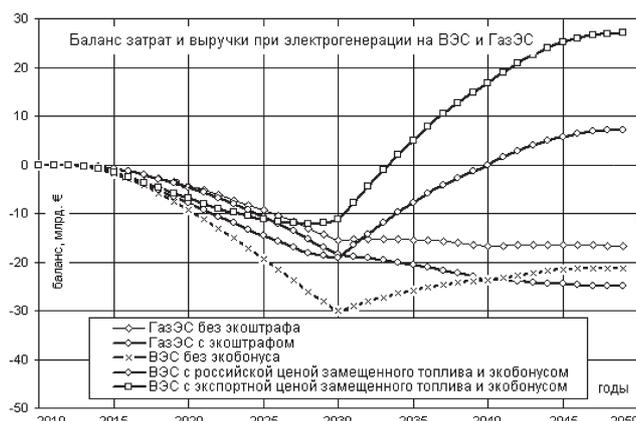


Рис. 8. Балансы доходов и затрат при производстве электроэнергии на ГазЭС и ВЭС с наращиваемой мощностью до 2030 г.

при этом топливная составляющая себестоимости увеличивается с 66,3 до 83,3%. При этом себестоимость электроэнергии ВЭС постоянна и составляет 0,031 EURO/кВт·ч при любом ценовом сценарии.

Полученные результаты расчетов и сравнения рассмотренных в работе вариантов как единичного ввода ГазЭС и ВЭС, ввода мощностей с нарастанием до 2020 и 2030 годов, приводят к следующим выводам.

Выработка электроэнергии на традиционных вновь строящихся ЭС на органическом топливе неизбежно будет дорожать с ростом стоимости последнего как в мире, так и в России, и не окупается при всех рассмотренных вариантах роста оптовых рыночных цен на электроэнергию и газ (самое дешевое топливо). Именно поэтому приток инвестиций в отечественную энергетику отсутствует.

Для обеспечения безубыточности отечественной топливной электроэнергетики даже при заморозке внутренних цен на газ необходимо увеличение цен оптового рынка как минимум вдвое с соответствующим увеличением тарифов на электроэнергию, что в любом случае противоречит либо принципам рыночной экономики, либо социальной или экономической, направленной на поддержку отечественного производства, политике государства.

Для обеспечения безубыточности ветроэлектрических станций в России также необходимо увеличение закупочных цен на электроэнергию ВЭС примерно на 70 – 80% по «российскому» сценарию, но уже без ограничений внутренних цен на газ.

В табл. 6 приведены данные о возможных финансовых итогах деятельности участвующих в производстве электроэнергии сторон в рассмотренном выше «российском» сценарии альтернативного наращивания ВЭС до 28 ГВт и равных по выработке ГазЭС до 16 ГВт к 2030 г. Основными заинтересованными субъектами в данном случае являются: ЭС (генератор и продавец электроэнергии), ГазПром (поставщик газа для ЭС), Государство (получатель налогов) и потребитель электроэнергии.

Доходы Государства образуются за счет налогов на добавленную стоимость (НДС = 18%) с продаж электроэнергии, топлива (для ГазЭС) и природоохранных услуг на российском рынке и налоговых пошлин от экспорта газа (33% от стоимости экспортируемого газа).

Доходы ГазПрома исчислены как стоимость продаж газа на российском рынке за вычетом НДС (18%) и как экспортная стоимость газа за вычетом экспортных пошлин, составляющих в расчетах 33%.

Расходы потребителей исчисляются тарифами на электроэнергию, определяемыми тремя составляющими. Первая – сумма затрат электрогенерирующих, сетевых и сбытовых компаний, которая без учета их интересов традиционно составляет примерно удвоенную стоимость электроэнергии в оптовых рыночных ценах (83,2 млрд. EURO); вторая – прямые или косвенные сборы на проведение мероприятий по снижению выбросов в атмосферу ГазЭС (8,3 млрд. EURO) и третья – сумма, необходимая для покрытия отрицательного баланса ГазЭС (16,7 млрд. EURO) или ВЭС (21,9 млрд. EURO). В табл. 6 приведена только первая составляющая затрат потребителя, однако, с учетом второй и третьей затрат потребителя при существующей практике они реально составят 108,3 и 105,1 млрд. EURO для ГазЭС и ВЭС соответственно.

Затраты на уменьшение выбросов парниковых газов (экологический штраф), выделенные в табл. 6 в отдельный столбец, при производстве электроэнергии на ГазЭС для определенности отнесены на их счет и составляют 14,3% от суммарных затрат на производство электроэнергии из расчета 15 EURO за тонну выбросов CO<sub>2</sub>, и в конечном итоге оплачиваются потребителем. В случае использования ВЭС вместо ГазЭС ка-

Таблица 6

**Прогнозные финансовые показатели производства электроэнергии на ГазЭС и ВЭС при существующей российской системе тарифообразования и налогообложения**

Параметр	Энергетика		Экология		ГазПром		Потребитель		Государство	
	ГазЭС	ВЭС	ГазЭС	ВЭС	ГазЭС	ВЭС	ГазЭС	ВЭС	ГазЭС	ВЭС
Затраты	-58,3	-59,3	-8,3	0	0	0	-83,2	-74,8	0	0
Выручка	41,6	41,6	0	0 – 8,3	16,5	26,9	0	0	12,6	20,7
Баланс	-25,1	-21,9	-8,3	0 – 8,3	-8,3	4,2	16,5	26,9	12,6	20,7

кая-то часть (от 0 до 100%) сэкономленных экологических затрат может быть зачислена в доход ВЭС. Основанием для этого является, по мнению авторов, необходимость создания заинтересованности в использовании ВЭС как у их строителей и инвесторов, так и у потребителей электроэнергии, для которых на оставшуюся часть экологического штрафа в этом случае снижается тарифная нагрузка.

В качестве способа покрытия неизбежной при существующих и прогнозных ценах на топливо и электроэнергию убыточности топливной электроэнергетики, обусловленной высокими затратами на топливо и экологическим штрафом, в настоящее время рассматривается только один — увеличение тарифов для потребителей электроэнергии. Однако данный способ имеет известные финансовые и социальные пределы.

В статье предлагается иной подход к организации финансового обеспечения ВЭС, основанный на использовании средств, вырученных при экспорте замещенного топлива. Для этого предлагается увеличивать доходную часть ВЭС на величину суммы стоимости газа, сжигаемого на ГазЭС равной энергетической производительности, и половины экологического штрафа (равная заинтересованность хозяина ВЭС и потребителя ее электроэнергии), что, как следует из табл. 5 и 6, обеспечит положительный баланс ВЭС ( $\approx 5\%$  от суммарных затрат).

В соответствии с этим экономически обоснованной представляется закупочная цена электроэнергии ВЭС, равная сумме цены электроэнергии на оптовом рынке, цены затраченного на производство энергии газа на внутреннем рынке и половине величины экологического штрафа. Такая формула ценообразования должна действовать с учетом поправок на инфляцию на протяжении всего периода эксплуатации ВЭС с целью достижения максимальной энергетической и экономической эффективности ВЭС.

При таком подходе все участвующие в энергопроизводстве России стороны оказываются заинтересованными (хотя и в разной степени) в развитии широкомасштабной отечественной ветроэнергетики при почти одинаковых затратах потребителя электроэнергии (табл. 7).

При этом в наибольшем выигрыше окажутся ГазПром и Государство, дополнительного дохода каждого из которых ( $\approx 10$  млрд. EURO), как видно из рис. 8, достаточно для финансирования рассмотренного ветроэнергетического проекта.

В связи с этим в качестве наиболее заинтересованных и реальных инвесторов масштабного развития новой ветроэнергетической отрасли авторам представляются наиболее крупные предприятия энергетического и нефтегазового комплекса страны, а также само Государство.

Таблица 7

**Прогнозные финансовые показатели производства электроэнергии на ГазЭС и ВЭС при предлагаемой системе перераспределения дополнительных доходов при использовании ВЭС**

Параметр	Энергетика		Экология		ГазПром		Потребитель		Государство	
	ГазЭС	ВЭС	ГазЭС	ВЭС	ГазЭС	ВЭС	ГазЭС	ВЭС	ГазЭС	ВЭС
Затраты	-66,7	-59,3	0	0	0	0	-108,3	-109,3	0	0
Выручка	41,6	41,6	-8,3	4,2	16,5	26,9	0	0	12,6	22,2
Баланс	0	2,3	-8,3	4,2	-8,3	4,2	-116,6	-109,3	12,6	22,2

Качественно аналогичные результаты расчетов и логические следствия, как видно из данных табл. 8 и графиков на рис. 9, име-

ют место и при реализации сценария развития отечественной ветроэнергетической отрасли до 7 ГВт к 2020 г.

Таблица 8

**Итоговые прогнозные экономические показатели электрогенерации на ВЭС 7 ГВт и ГазЭС (в ценах, приведенных к 2010 г.) при различных сценариях роста цен на газ и электроэнергию**

Показатель	Сценарий с заморозкой цен		«Российский»		«Мировой»	
	ГазЭС	ВЭС	ГазЭС	ВЭС	ГазЭС	ВЭС
Номинальная мощность ЭС, ГВт	3,97	7,01	3,97	7,01	3,97	7,01
$K_{ИЭМ}$ , %	0,50	0,28	0,50	0,28	0,50	0,28
Стоимость присоединения к сети, млрд. EURO	-0,40	-0,70	-0,40	-0,70	-0,40	-0,70
Капитальные затраты, млрд. EURO	-4,53	-9,86	-4,53	-9,86	-4,53	-9,86
Эксплуатационные затраты, млрд. EURO	-5,08	-5,86	-5,08	-5,86	-5,08	-5,86
Затраты на топливо для ГазЭС, млрд. EURO	-3,93	0	-5,3	0	-10,6	0
Экспортная стоимость топлива, млрд. EURO		0,00		10,60		10,60
Экоштраф за выбросы CO <sub>2</sub> , млрд. EURO	-2,10	0	-2,10	0	-2,10	0
Выручка за электроэнергию, млрд. EURO	4,95	4,95	10,99	10,99	16,5	16,5
Баланс расходов и выручки, млрд. EURO	-8,98	-11,47	-4,32	-5,43	-4,12	0,07
Себестоимость эл.энергии ЭС, EURO /кВт•ч	0,039	0,032	0,048	0,032	0,080	0,032
Топливная составляющая, %	61,8	0	68,4	0	81,2	0



Рис. 9. Балансы доходов и затрат при производстве электроэнергии на ГазЭС и ВЭС с наращиваемой мощностью до 2020 г.

Однако с количественной точки зрения реализация данного сценария, приводящая примерно к четырехкратному уменьшению итоговых экономических результатов для участвующих в проекте сторон и не обеспечивающая существенной доли выработки ВЭС в суммарном энергобалансе страны, представляется менее целесообразной.

Из полученных результатов следует два важнейших вывода:

1. Источником финансирования ВЭС в России, помимо повышения тарифов, могут являться перераспределенные доходы от экспортной реализации газа, замещенного при использовании ВЭС вместо ГазЭС, а также уменьшения затрат на экологичес-

кие мероприятия по сокращению выбросов в атмосферу. Для наиболее целесообразного для России сценария наращивания суммарных мощностей ВЭС до 28 ГВт к 2030 г. для достижения положительного экономического баланса ВЭС при «российском» сценарии необходимо к выручке с продаж электроэнергии по ценам оптового рынка добавить в пользу ВЭС стоимость замещенного ею газа на внутреннем рынке России и половину экологического бонуса. При этом экспортная выручка с продаж замещенного на ВЭС газа в сценариях с «заморозкой» цен и «российском» окажется соответственно в 2,9 и 2,1 раз выше стоимости газа на внутреннем рынке, обеспечивая тем самым дополнительные доходы государству за счет налоговых поступлений.

2. Сценарий вывода внутренних цен на электроэнергию и топливо на уровень мировых, влекущий за собой наибольшее повышение тарифов и лишаящий преференций отечественного производителя, а также возможностей выгодной для государства экспортной реализации замещенного на ВЭС газа представляется наименее целесообразным для энергетики России.

Таким образом, развитие отечественной электроэнергетики за счет широкомасштабного использования ВЭС при предлагаемой схеме перераспределения доходов, оказыва-

ется экономически выгодным и для производителей электроэнергии (включая поставщиков топлива) и для государства, и для потребителя. Предлагаемая схема и сценарий развития отечественной ветроэнергетики возможны благодаря наличию в стране востребованных за рубежом запасов природного газа и разнице цен на него на внутреннем и внешнем рынках.

Суммарный экономический эффект развития отечественной ветроэнергетики растет с увеличением доли ВЭС в общем производстве электроэнергии. В связи с этим следует отметить, что рассмотренные в работе сценарии в части темпов наращивания суммарных мощностей ВЭС с учетом бурного развития мирового рынка являются весьма умеренными. Темпы развития ветроэнергетики последних лет, например, в Китае и Франции (см. рис. 2), наглядно показывают наличие технологических возможностей наращивания суммарных мощностей в России к 2020 и 2030 гг. соответственно до 9 – 10 и 33 – 35 ГВт.

Разумеется, для реализации экономических выгод предложенных сценариев требуется весьма существенная перестройка хозяйственной, правовой и, возможно, налоговой системы, действующих в настоящее время в топливно-энергетическом комплексе России.

#### *Технические ограничения и ресурсная обеспеченность российской ветроэнергетики*

Основные технические ограничения масштабного использования ВЭС связаны с возможностями электрических сетей по приему мощностей в нестабильном режиме. Общепринятым в мировой практике считается допустимый 20%-ный вклад ВЭС в суммарные мощности энергосистем.

С учетом изношенности сетевого хозяйства технический уровень в России составляет, по всей видимости, около 10 – 15%, что ограничивает предельные установленные мощности ВЭС в стране уровнем не ниже 30 – 40 ГВт, обеспечивающим  $\approx 7\%$  ежегодной выработки электроэнергии, требуемой стране по имеющимся прогнозам к 2030 г.

Для размещения суммарных установленных мощностей ВЭС, обеспечивающих такую энерговыработку, требуются суммарные площади не более 0,5% территории России

(при установке ВЭУ в местах со среднегодовыми значениями  $K'_{\text{ИУМ}} \geq 30\%$ ) [1].

Вторым фактором, ограничивающим масштабы использования ВЭС, является наличие резервирующих мощностей на случай ветроэнергетических штителей, не превышающее, по оценкам разных экспертов, суммарной установленной мощности самих ВЭС. Однако наличие в планируемой структуре генерирующих мощностей страны подавляющей доли ТЭС, ГЭС и АЭС позволяет снять это ограничение на суммарную установленную мощность ВЭС.

Наиболее важным показателем энергетической и экономической эффективности ВЭС и их конкурентоспособности с топливными ЭС является коэффициент использования их номинальной мощности  $K_{\text{ИНМ}}$ . При его значениях  $K_{\text{ИНМ}} > 28 - 30\%$  ( $\geq 2500$  тысяч часов работы с номинальной мощностью) использование ВЭС представляется целесообразным по всем международным критериям.

В обоснование обеспеченности ветровыми ресурсами на рис. 10 приведена карта распределения по территории России коэффициентов использования установленной мощности современных ВЭУ на примере ВЭУ V90 номинальной мощности 3,0 МВт с диаметром ветроколеса 90 м и высотой башни 100 м производства датской компании VESTAS — лидера мирового производства ВЭУ.

Приведенная на карте энергетическая эффективность ВЭС позволяет получать с их помощью электроэнергию с себестоимостью  $\leq 4,5 - 5,5$  EURO-центов/кВт·ч во многих районах РФ, включая энергетически дефицитную европейскую часть РФ, а также западные европейские и южные дальневосточные области России, представляющие интерес в связи с активным формированием международных рынков электроэнергии с точки зрения возможного экспорта электроэнергии ВЭС в соседние страны: Белоруссию, Украину, а также Китай, Корею, Японию.

Таким образом, большие запасы ветроэнергетических ресурсов и территориальные возможности России для оптимального размещения ВЭС позволяют широко использовать их для выработки электроэнергии в любых технологически допустимых масштабах.

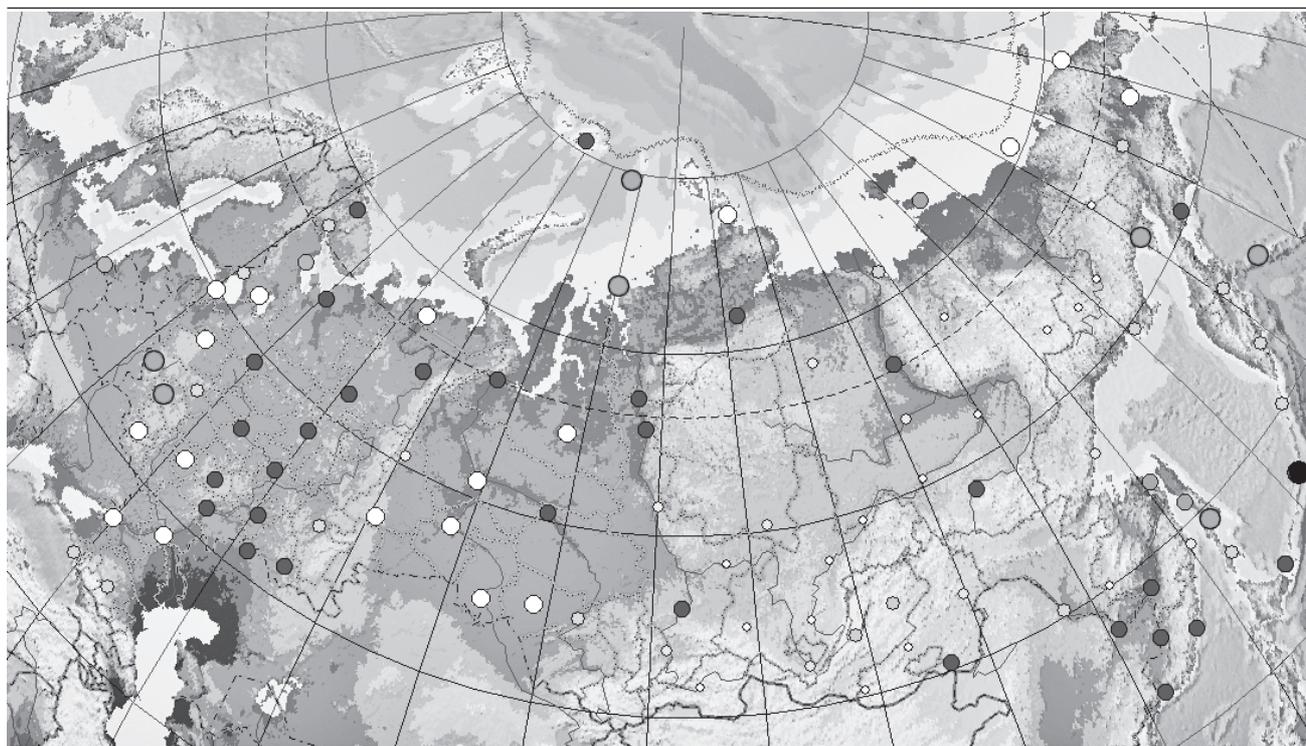
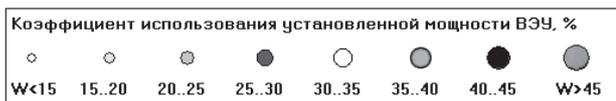


Рис. 10. Карта распределения коэффициента использования установленной мощности ВЭУ Vestas V80-2.0MW с высотой башни  $h = 100\text{м}$  в местах расположения аэрологических станций на территории РФ. Среднее значение за год.



С учетом возможной высокой энергетической и экономической эффективности ВЭС, а также принципиальной осуществимости реализации крупномасштабного рос-

сийского проекта ВЭС по предложенным авторами сценариям является в высшей степени целесообразным и неотложным для страны.

**Ключевые слова:** ветроэнергетика, ветроэнергетические изыскания, ветроэлектростанции, ветропотенциал, энергетическая эффективность ВЭС, энергодоступность, наращивание электрогенерирующих мощностей, стратегия электроснабжения на базе ВЭС, сценарии развития отечественной ветроэнергетики, ресурсная обеспеченность, перераспределенные доходы

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев В.Г. Предпосылки создания ветроэнергетической отрасли России // Академия энергетики. № 6. 2007
2. Николаев В. Г., Ганага С.В., Кудряшов Ю.И. Кадастр ветроэнергетических ресурсов России и методические основы их определения. М.: Атмограф. 2007
3. Николаев В.Г., Ганага С.В., Кудряшов Ю.И., А.Г., Вальтер Р. Научно-технический отчет проекта TACIS «Возобновляемые источники энергии в России». Europe Aid/116951/C/SV/RU/2.2 «Разработка национального Плана развития ВИЭ в России». М.: TACIS. 2009

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И МИНИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ ПРИ ПРОЕКТНЫХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ

Николаев В. Г., к. ф.-м. н., НИЦ «АТМОГРАФ»

В 2007 г. вложения в мировую ветроэнергетику (26 ГВт) составили почти 40 млрд. EURO (1500 EURO на 1 кВт установленной мощности). На проектирование ветроэлектростанций (ВЭС) потрачено около 5 – 7%, или 2,0 – 2,8 млрд. EURO. Из них до 40% (от 0,8 до 1,1 млрд. EURO) ушло на ветровые исследования, обеспечивающие оценку целесообразности использования ВЭС в месте ее предполагаемой установки (при этом результат может оказаться отрицательным) и энергетическое и экономическое обоснование эффективности использования ВЭС. Социальной целью проектных работ является создание и сохранение рабочих мест.

Ветровые изыскания включают обязательную по сложившейся в мире практике ветровую разведку (одно – двухгодичные измерения ветра в местах предполагаемой установки ВЭС), сбор, обработку и совместный анализ данных ветровой разведки и многолетних измерений на метеорологических станциях, подбор базовых ВЭУ и проектирование их оптимальной конфигурация в составе ВЭС, обоснование инвестиций (обязательный документ для банковского кредитования ветроэнергетических проектов) и подготовку технико-экономического обоснования проектов (ТЭО) в части определения будущих энергетических показателей ВЭС.

Расходы на ветровую разведку составляют до 40 – 50% от суммарных по ветровому циклу (320 – 550 млн. EURO). Годовая разведка с использованием одной метеорологической мачты с трехуровневыми измерениями тремя комплектами анемометров по западным методикам обходится в настоящее время в 60 – 100 тыс. EURO. По нашим оценкам, в 2008 г. в мире ветер измерялся на 1,5 – 2 тыс. метеорологических мачт (из расчета минимум 1 мачта на 12 – 18 МВт установленной мощности ВЭС). Таким образом, годовой объем мировой ветровой разведки с соответствующей обработкой полученных данных по западным экспериментальным и расчетным методикам оценива-

ется в 100 – 200 млн. EURO, причем половина уходит на анализ данных и численное моделирование.

Отметим, что реализация целей России по вводу ВИЭ до 2020 г., узаконенная Постановлением Правительства РФ №1-р от 08.01.2009 г., подразумевает установленную мощность ВЭС к 2020 г. в объеме 7000 МВт. С учетом мирового опыта и российских условий объем затрат на проектные изыскания под ВЭС в таком объеме по принятым за рубежом методикам только на ветровую разведку составят от 30 до 60 млн. EURO.

Для современной России, особенно в период экономического кризиса, эта сумма представляется весьма значительной. Поэтому любая возможность экономии на проектных ветровых изысканиях представляется крайне важной.

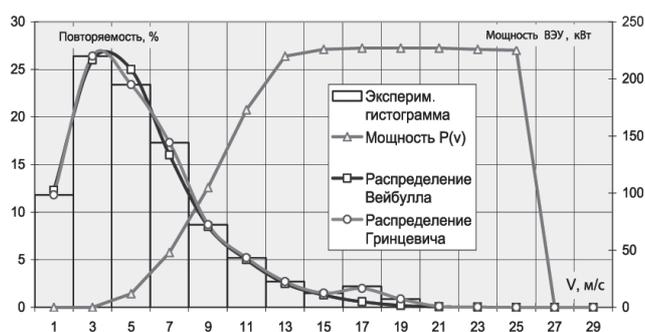
Энергетическая эффективность использования ВЭС определяется мощностью, выработкой и ресурсом базовых ВЭУ, а экономическая эффективность использования ВЭС – себестоимостью производства энергии, окупаемостью и рентабельностью, определяемых суммой капитальных и эксплуатационных затрат с учетом многолетней инфляции, выработки и закупочных цен на энергию ВЭС на протяжении всего периода ее эксплуатации.

Выработка ВЭС является производной от средней годовой (сезонной, месячной) мощности системы ВЭУ – ВЕТЕР и работоспособности (availability) ВЭУ, определяемой простоями при проведении регламентных работ и ремонта. Мощность системы ВЭУ – ВЕТЕР  $P_{ВЭУ}^T$  за период  $T$  определяется интегралом:

$$P_{ВЭУ}^T = \int_{V_0}^{V_{БВР}} P(V) \cdot f(V) dV \cdot K_{ЭФ} \cdot K_{РЕМ} = \sum_{i=1}^N P(V_i) \cdot f(V_i) \cdot K_{ЭФ} \cdot K_{РЕМ}, \quad (1)$$

где  $K_{\Phi}$  — коэффициент технической эффективности ВЭУ, определяемый инерционностью систем управления, неоднородностью об-

дудки ветроколеса и пр. [5],  $K_{РЕМ}$  — коэффициент технической пригодности ВЭУ,  $V_{БУР}$  и  $V_0$  — соответственно буревая, при которой ВЭУ останавливается во избежание поломок (буревой простоя), и стартовая скорость ветра, ниже которой ВЭУ не работает (ветроэнергетический штиль),  $P(V)$  — рабочая характеристика ВЭУ, определяется расчетным путем или экспериментально (в сертификационных испытаниях) с точностью порядка 10 – 15%,  $f(V_i)$  — повторяемость скоростей ветра по градациям,  $f(V)$  — аппроксимирующая  $f(V_i)$  аналитическая функция — плотность вероятности распределения ветра по скоростям на высоте оси ветроколеса с погрешностью определения до 100% и более, зависящей от эффективности используемой методики. Примеры функций  $P(V)$ ,  $f(V)$  и  $f(V_i)$  приведены на рис. 1.



**Рис.1.** Зависимость от скорости мощности ВЭУ Vestas V-27, среднегодовой повторяемости скорости ветра для ГМО Светлогорск и аппроксимирующих ее распределений Вейбулла и Гринцевича

Основным источником статистически достоверных повторяемостей скоростей ветра по градациям  $f(V_i)$  являются за рубежом данные многолетних метеорологических измерений на высоте 8 – 16 м (для России, стран СНГ и Балтии дополнительным информационным источником являются данные аэрологических измерений).

Аппроксимирующих аналитических функций  $f(V)$  известно свыше десятка, наиболее распространенные из которых за рубежом — двухпараметрическая функция Вейбулла, определяемая по данным ближайшей метеостанции и данным ветровой разведки.

Определение  $f(V)$  основано на большем или меньшем соответствии параметров  $f(V)$  средней скорости ветра, определение которого является важнейшей задачей ветровых изысканий — определение средних скоростей вет-

ра (срочных, месячных, сезонных) и их соответствия реальным повторяемостям  $f(V_i)$ .

Теоретическое моделирование  $f(V)$  на высоте оси ветроколеса  $H$  производится подъемом  $f(V)$ , определенной по данным приземных метеорологических измерений (8 – 16 м), с помощью более или менее точно установленного закона нарастания скорости ветра  $V(h)$  с высотой  $h$ .

Наиболее распространенной аппроксимацией  $V(h)$  в 200-метровом приземном слое атмосферы за рубежом является двухпараметрический логарифмический профиль [1], теоретически обоснованный и экспериментально подтвержденный в лабораторных опытах для тонкого слоя пристеночного течения над плоской горизонтальной стенкой [2], [3]:

$$V(h) = V^* \cdot [\ln(h) - \ln(z_0)], \quad (2)$$

где  $V^*$ , м/с — характеристическая скорость,  $z_0$ , м — масштаб шероховатости поверхности.

В качестве расчетного модуля большинства зарубежных компьютерных систем, используемых для проектирования ВЭС (WindFarm, WindFarmer, WindMaster, WindPro), применяется разработанная в датском институте RISO методика WASP [1]. В соответствии с ней для определения неизвестного параметра  $V^*$  используются данные многолетних измерений ветра на ближайшей метеорологической станции на высотах 8 – 16 м, а неизвестный параметр  $z_0$  моделируется с некоторой погрешностью, исходя из накопленных представлений о значениях масштаба шероховатости для различных типов рельефа.

Относительно модели (2) здесь уместно высказать несколько замечаний.

1. Правомерность его использования недостаточно физически и экспериментально обоснована для реального приземного слоя атмосферы (с учетом неровностей и неоднородности шероховатости поверхности, трехмерности ветровых потоков, термической стратификации в пограничном слое атмосферы и пр.). При этом из анализа аэрологических данных известно, что, начиная с некоторых высот ( $\leq 25 - 50$  м), его применение неправомерно и сопряжено с недопустимо большими для практики погрешностями [3].

2. Получаемые с использованием модели (2) расчетные значения и формы высотного профиля скорости ветра, как показано в работе [5], весьма чувствительны к величине

параметра  $z_0$ , особенно на высотах от 30 м и выше. Поэтому вполне возможные неточности моделирования величины  $z_0$  при расчетах  $V(h)$  по методике WASP могут приводить к значительным ошибкам на высотах расположения осей ветроколес современных ВЭУ (от 80 – 100 м и выше).

3. Рассчитанные по модели (2) значения высотных профилей скорости ветра также существенно зависят от величины параметра  $V^*$ , определяемого в методике WASP по данным измерений ветра на соседней метеостанции [5]. В силу значительной микромасштабной (на расстоянии нескольких км) природной изменчивости ветровых характеристик выбор репрезентативной для моделирования метеостанции весьма не прост и в случае неправомерности влечет дополнительные погрешности определения ветропотенциала.

4. Методика WASP также весьма чувствительна к заданию используемых ею весьма подробных топографических данных, а также данных о подстилающей поверхности и окружающих место установки ВЭУ экранирующих ветер препятствий. Для минимизации связанных с этим погрешностей расчетов помимо большой тщательности при весьма трудоемкой подготовке и вводу в программу указанных данных, требуются, как показывает опыт работы с WASP, также немалые практические навыки.

В табл. 1 приведены полученные автором результаты сравнения рассчитанных по методике WASP значений средних годовых скоростей и удельных мощностей ветра для высот 100 и 200 м с данными многолетних (1960 – 1980 гг.) измерений скоростей ветра и их повторяемостей  $f(V_i)$  на тех же высотах на 55 аэрологических станциях России и рассчитанных по этим экспериментальным данным удельных мощностей ветра.

Таблица 1

Высота:	100 м		200 м	
	ФЛЮ-ГЕР XXI	WASP	ФЛЮ-ГЕР XXI	WASP
Скорость ветра, м/с	6,73	5,60	7,16	6,86
Погрешность, %	0	26,5	0	21,6
Удельная мощность ветра, Вт/м <sup>2</sup>	561,0	293,1	818,3	510,5
Погрешность, %	0	69,70	0	63,84

Также в таблице приведены погрешности данных, смоделированных по методике WASP, от экспериментальных данных в терминах средних квадратических отклонений (в процентах)

Данные табл. 1 свидетельствуют о следующем.

За исключением 3 – 4-х из 55 обработанных пунктов (метеостанций), представляющих всю территорию России, характеристики ветра, рассчитанные по методике WASP, оказываются существенно заниженными по сравнению с реальными, полученными в аэрологических измерениях. Расчетные значения средних годовых скоростей и удельных мощностей ветра занижены в среднем на 26,5% и 69,7% и на 21,6% и 63,8%, соответственно на высотах 100 и 200 м.

На отдельных станциях, особенно с невысокими скоростями ветра, по данным метеорологических измерений рассчитанные по методике WASP удельные мощности ветра оказываются заниженными по сравнению с экспериментальными в 2 – 3 раза.

В связи с этим расчетные данные авторитетной за рубежом методики WASP представляются далеко не безобидными, поскольку в соответствии с ними многие регионы России (практически вся континентальная часть Европейской территории и Западной Сибири, Урал и др.) априори должны быть отнесены к неперспективным для развития отечественной ветроэнергетики.

В целом же полученные расхождения данных датской методики с экспериментом намного превышают допустимые практикой, согласно [5], погрешности определения скорости ( $\leq 10 - 12\%$ ) и мощности ветра ( $\leq 20 - 25\%$ ) и могут в связи с этим быть использованы лишь для грубых оценок энергетических показателей ВЭС на большей части территории России.

Как показывает наш опыт работы с методикой WASP, пределы ее точности ограничены в конечном итоге принципиально неизбежной для методов экстраполяции математической расходимостью при большом удалении от исходных краевых данных (в нашем случае при удалении на высоту от уровня метеорологических измерений).

Для уточнения рассчитанных по методике WASP значений скорости ветра на больших высотах принципиальное значение имеет наличие данных двух или трехуровневой

ветровой разведки, позволяющих уточнить значение параметра шероховатости  $z_0$  и перейти при реконструкции вертикального профиля скорости к более точным процедурам высотной интерполяции данных. Именно этим объясняется настоятельность зарубежных рекомендаций для россиян по проведению ветровой разведки даже в тех местах, где по данным многолетних отечественных метеорологических и аэрологических измерений ветровых ресурсов заведомо достаточно по любым международным критериям для их эффективной утилизации.

Тем не менее, хотелось бы отдать должное высокой квалификации и технической оснащенности наших зарубежных коллег, а также их многолетним и плодотворным усилиям по развитию методик моделирования ветроэнергетического потенциала на основе данных метеорологических и мачтовых измерений.

Но при этом хотелось бы указать и на успехи российских специалистов, дающие дополнительные возможности повышения точности и эффективности, и в то же время минимизации затрат при моделировании ветровых характеристик и проектных ветроэнергетических изысканиях на территории России, стран СНГ и Балтии.

Современные возможности высокоточного определения ветроэнергетического потенциала и энергетической эффективности ВЭУ в отдельных пунктах и районах территории России, стран СНГ и Балтии связаны с максимально полным использованием метеорологической информации с помощью авторских баз данных и расчетно-поисковых компьютерных систем, а также использованием новых более адекватных реальной действительности представлений о закономерностях и особенностях географического, высотного и временного распределения климатических характеристик ветра на территории бывшего СССР и развитых на базе этих представлений передовых статистических и численных гидродинамических моделей.

Методической основой повышения точности определения региональных и локальных параметров ветра и ВЭП является их физическое и статистическое моделирование по данным близлежащих метеорологических и аэрологических станций с учетом свойств окружающего рельефа и подстилающей поверхности.

Массовые расчеты ветровых характеристик, а также мощностей и выработок ВЭУ для отдельных пунктов и областей России и СНГ обеспечиваются в развитой методике специализированной авторской компьютерной системой «ФЛЮГЕР», включающей:

базу данных многолетних измерений ветровых характеристик в пограничном слое атмосферы на государственной сети около 3600 метеорологических и 146 аэрологических станций России и бывшего СССР за период с 1950-х г. по настоящее время;

постоянно пополняемую базу данных по техническим характеристикам большинства современных ВЭУ;

программные средства для статистического и численного моделирования ветровых характеристик и расчета энергетической и экономической эффективности ВЭУ и ВЭС;

программные средства для текстового, графического и картографического представления результатов.

Наиболее эффективные современные методики моделирования параметров ветроэнергетического потенциала (ВЭП) и ВЭУ в местах их предполагаемого использования реализуются по схеме, приведенной на рис. 2.

Научно-практическая новизна предлагаемой методики определения энергетических показателей ВЭП и ВЭУ состоит, во-первых, в установлении закономерностей и особенностей пространственного (высотного и географического) и временного (многолетнего, годового, сезонного, суточного) распределения ветровых характеристик и ветроэнергетических ресурсов на территории бывшего СССР и современной России, стран СНГ и Балтии на основе комплексного анализа метеорологических и аэрологических данных и, во-вторых, в получении прогнозных значений технических, энергетических и экономических показателей современных ВЭУ и ВЭС и доказательстве их рыночной конкурентоспособности при выработке электроэнергии с традиционными энергоисточниками.

В части установления закономерностей и особенностей пространственного и временного распределения ветровых характеристик и ветроэнергетических ресурсов на территории России, стран СНГ и Балтии принципиально важными для обеспечения эффективности развитой методики являются следующие.

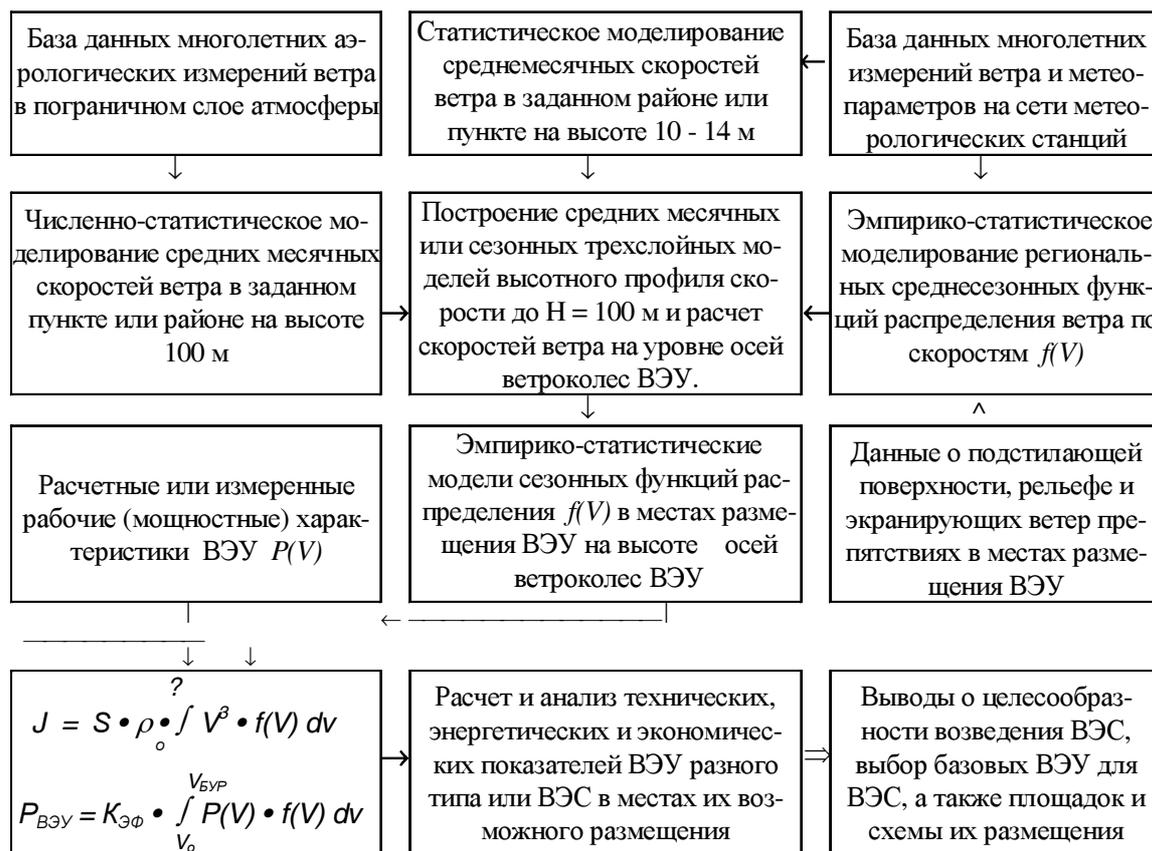


Рис. 2

Таблица 2

Первичные и «очищенные» значения среднегодовых скоростей ветра и его среднеквадратических отклонений (СКВО) в районе метеорологических станций в разных регионах России

1. Установление географических закономерностей и региональных особенностей ветровых характеристик (средних многолетних годовых, сезонных, месячных скоростей и направлений ветра, повторяемостей ветра по градациям скорости) и ветроэнергетических ресурсов на территории России, стран СНГ и Балтии. В этом направлении было проведено:

установление достоверных региональных статистических связей между средними сезонными и годовыми значениями скоростей и направлений ветра с характеристиками подстилающей поверхности в приземном слое в местах и на высотах метеорологических измерений (8 – 16 м) по многолетним данным сети метеостанций России, стран СНГ и Балтии с учетом известных классификаций рельефа и подстилающей поверхности;

создание на основе указанных в предыдущем пункте статистических связей и классификации Милевского, определяющей открытость метеостанций для ветра, методики «очистки» данных или приведения данных измерений ветра к условиям поверхности, лишенной экранирующих ветер препятствий (поверхность класса 1 по датской методике). Эффективность методики иллюстрируется данными табл. 2;

Местонахождение метеостанции	Данные ГМС		Данные ГМС с «очисткой»	
	Скорость, м/с	СКВО, %	Скорость, м/с	СКВО, %
Волгоград	4,12	21,7	5,25	11,5
Москва (Сергиев Посад)	3,64	12,7	4,1	8,62
Мурманск	4,41	38,8	5,61	15,3

установление статистически достоверных значений, а также качественных и количественных отличий средних сезонных повторяемостей ветра по градациям скорости в приземном 200-метровом слое атмосферы в разных климатических регионах России;

построение наиболее адекватных из известных и статистически достоверных региональных табулированных функций сезонного распределения ветра по градациям скорости в приземном 200-метровом слое атмосферы в разных климатических регионах России;

установление статистически достоверных средних сезонных значений ветроэнергетического потенциала (удельных импульса и мощности ветра) в приземном 200-метровом слое атмосферы в разных климатических регионах России;

установление новых по сравнению с известными и перспективных для эффективного промышленного освоения месторождений ветроэнергетических ресурсов [5], и выбор наиболее эффективных районов и площадок на территории России для реализации пилотных проектов ВЭС;

2. Установление закономерностей высотного распределения характеристик ветра в приземном 600-метровом слое атмосферы в большинстве климатических регионов России по данным метеорологического и аэрологического зондирования приземного слоя атмосферы (рис. 3, 4), в том числе зависимости высотного профиля скорости ветра от ветрообразующих условий по данным метеонаблюдений на соседних ГМС; от типа и особенностей рельефа и подстилающей поверхности; годового и сезонного хода.

В данном направлении наиболее важное значение для развития методики имеют:

результаты сравнительного анализа точности и достоверности отечественных и зарубежных методов моделирования высотного профиля скорости ветра;

построение на основе данных метеорологического и аэрологического зондирования пограничного слоя атмосферы нового класса наиболее достоверных из известных многоуровневых моделей высотного распределения скорости ветра в 300-метровом пограничном слое атмосферы для большинства репрезентативных климатических регионов России. Максимально статистически и физически достоверной из развитых моделей оказывается разработанная автором трехслойная модель «СЭНДВИЧ», в которой профиль скорости ветра в нижнем (около 10 – 15 м) подслое моделируется физически и статистически обоснованным логарифмическим профилем, в верхнем слое (100 – 600 м) используется кубическая аппроксимация профиля по аэрологическим данным с уровнями 100, 200, 300 и 600 м, а в промежуточном слое (15 – 100 м) скорость аппроксимируется кубическим сплайном, обеспечивающим гладкость профиля скорости ветра во всем 600-метровом слое;

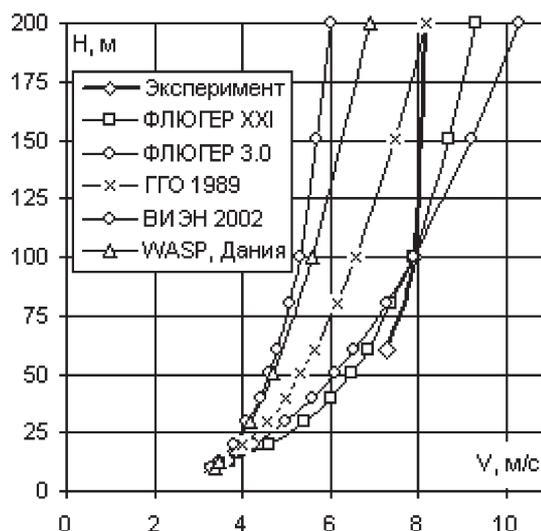


Рис. 3. Экспериментальные (по данным аэрологической станции) и модельные среднегодовые высотные профили скорости ветра для Архангельска



Рис. 4. Среднегодовые высотные профили скорости ветра для севера европейской территории России по данным измерений аэрологических станций региона

установление с использованием трехслойной модели «СЭНДВИЧ» высоты применимости логарифмического профиля скорости в приземном слое атмосферы, не превышающей для большинства регионов России 15 – 20 м;

построение моделей высотного распределения направления ветра по регионам;

установление закономерностей высотного, географического и сезонного распределения и естественной изменчивости функции плотности вероятности распределения ветра по скоростям  $f(V)$  по данным метеорологического и аэрологического зондирования пограничного слоя атмосферы;

построение максимально точных и достоверных статистических региональных моде-

лей высотной и сезонной изменчивости  $f(V)$  в приземном 300-метровом слое атмосферы на основе табулированных региональных и сезонных функции Гринцевича и установление пределов точности моделирования функции  $f(V)$  по данным метеорологических и аэрологических измерений (рис. 5,6).

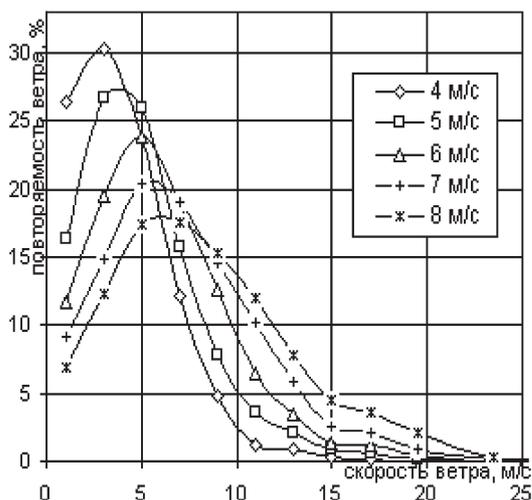


Рис. 5. Среднегодовые функции Гринцевича для разных значений средней скорости ветра для северных районах ЕТР

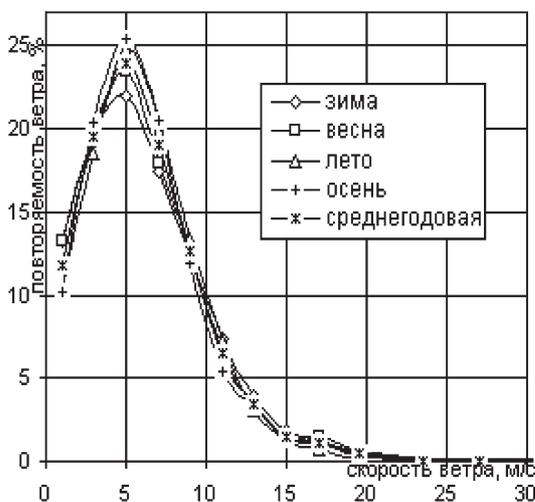


Рис. 6. Средние сезонные и годовая функции Гринцевича для средней скорости ветра  $V = 6.0$  м/с в северных районах ЕТР

В части определения прогнозных значений технических, энергетических и экономических показателей современных ВЭУ и ВЭС и доказательства их рыночной конкурентоспособности с традиционными энергетическими источниками в производстве электроэнергии развитая методика основана на:

установленных в работе диапазонах региональной и сезонной изменчивости и пре-

делах точности и достоверности определения теоретической мощности ВЭУ по формуле (1) на заданной высоте в заданном пункте в различных ветроклиматических районах России;

установленной зависимости мощности ВЭУ с заданным диаметром ветроколеса от высоты ее башни (мачты) и профиля скорости ветра в приземном слое атмосферы;

установленной зависимости мощности ВЭУ с заданным диаметром ветроколеса от высоты ее башни (мачты) и профиля направления ветра в приземном слое атмосферы;

оценках собственного энергопотребления ВЭС;

построенной прогностической модели многолетней (на протяжении ресурса ВЭУ, равного 20 годам) изменчивости технической работоспособности (availability) ВЭУ (и, соответственно, выработки ею электроэнергии);

определении ресурса ВЭУ в заданном пункте по данным об их эксплуатационных характеристиках ВЭУ и данным о турбулентности ветра в разных ветроклиматических районах России;

установленных автором значениях максимального и среднего регионального удельного (на единицу площади, занимаемой ВЭС) энергосъема ветроэнергетических ресурсов с использованием современных ВЭС;

построенных прогностических моделях многолетней (на протяжении ресурса ВЭУ) изменчивости эксплуатационных затрат на ВЭС по данным о технической работоспособности ВЭУ и доступным данным о затратах на их эксплуатацию и ремонтные работы;

установленной статистической зависимости капитальных затрат на ВЭУ от высоты ее башни (мачты) по доступным данным о стоимости основного оборудования ВЭУ;

определении реальной располагаемой мощности ВЭУ или коэффициента эффективности использования теоретической мощности ВЭУ в заданном районе или пункте с учетом ее технических характеристик (диаметра ветроколеса, высоты башни, инерционности систем ориентации и пр.) и характеристик ветра в приземном слое атмосферы;

моделировании и прогнозных оценках многолетних (на протяжении ресурсного периода ВЭУ) доходов и расходов на их содержание при различных сценариях многолет-

ней динамики инфляции и цен на электроэнергию и энергоносители в России и в мире; установленных схемах эффективной экономической поддержки и ценообразования накупаемую энергию ВЭС с учетом различных сценариев инфляции, стоимости ВЭУ и роста цен на электроэнергию и энергоносители в России и в мире;

определении возможного экологического, энергетического и экономического эффекта широкомасштабного использования ВЭС и создания отечественной ветроэнергетической индустрии при разных сценариях развития мировой и российской экономики и топливно-энергетического комплекса;

разработанных и обоснованных автором целевых показателей и сценариях развития отечественной ветроэнергетики до 2020 – 2030 гг.

Практическая ценность разработанной методики обусловлена:

использованием разработанных и численно реализованных авторами на ПЭВМ специализированных компьютерных баз данных многолетних метеорологических и аэрологических измерений, позволяющих совместно с методами статистического и численного моделирования во многих районах России и стран СНГ даже без дополнительных весьма трудоемких и дорогих измерений ветра поднять точность определения ветроэнергетических характеристик и прогноза выработки ВЭУ в местах проектируемых ВЭС до практически необходимой (с погрешностью менее 18 – 20%);

кардинальным повышением эффективности (ускорении, снижении затрат, повышении информативности и достоверности) проектирования мощных многоагрегатных (до 25 – 50 ВЭУ в составе ВЭС) ветростанций, занимающих площади до 50 км<sup>2</sup> и более за счет возможности быстрого и достоверного проведения многовариантных расчетов и определения с их помощью оптимальной расстановки ВЭУ в составе ВЭС с учетом особенностей рельефа и подстилающей поверхности, а также взаимного влияния (ветрового экранирования) ВЭУ друг на друга с учетом наиболее вероятных направлений ветра в месте предполагаемого возведения ВЭС;

возможностью быстрого проведения достаточно высокоточных прогнозов энергетических

показателей большинства известных серийно-производимых в настоящее время в России и за рубежом ВЭУ и возможностью выбора уже на этапе предпроектных исследований наиболее подходящих для проектируемых ВЭС базовых ВЭУ с учетом их технических и стоимостных показателей и ветровых характеристик в месте возведения ВЭС, и, тем самым, оптимизировать затраты при их проектировании, закупках оборудования и строительстве.

Основные положения высокоточного определения ВЭП и энергетической эффективности ВЭУ в России, стран СНГ и Балтии изложены в коллективной монографии «Национальный кадастр ветроэнергетических ресурсов России и методические основы их определения» [5], призванной помимо функции справочника по региональным и локальным характеристикам ветра и атласа, содержащего карты, дающие представление о величине ВЭР и его территориальной и временной изменчивости выполнять также функции методического руководства, дающего методы и алгоритмы определения с известной точностью величины ВЭП и показателей энергетической, экологической и экономической эффективности использования ВЭУ.

Методика многократно апробирована при проведении проектных исследований и технико-экономических обоснований ветроэнергетических проектов в различных регионах России и стран СНГ.

В практическом плане методика Кадастра обеспечивает предотвращение ненужных затрат на проведение проектных ветроэнергетических изысканий в местах с заведомо малым ВЭП; эффективное планирование и организацию ветровой разведки в местах возведения крупных ВЭС и проведение последующего совместного анализа данных многолетних метеорологических и аэрологических измерений и данных ветровой разведки. В местах и районах с заведомо достаточным ветроэнергетическим потенциалом методика позволяет принимать важные организационные и финансовые решения относительно проектов ВЭС до, а возможно и без проведения ветровой разведки.

Высокая точность методики прогноза энергетических показателей ВЭУ при их ма-

лой трудоемкости и стоимости позволяет кардинальным образом повысить эффективность и обоснованность составления и реализации региональных и государственных программ развития ветроэнергетики и подготовки бизнес-планов и ТЭО конкретных ветроэнергетических проектов в России, стран СНГ и Балтии.

Экономический эффект от использования представленной методики при разработке проектов и программ развития отечественной ветроэнергетики может составить в масштабах России, по оценкам автора, до 30 млн. EURO только на оптимизации проектных исследований ветропотенциала при двух – трехкратном сокращении сроков проектирования ВЭС.

**Ключевые слова:** ветроэнергетика, ветровые изыскания, ветроэлектростанции, ветропотенциал, энергетическая эффективность, методы расчета характеристик ветра, методика WASP, ветроэнергетические ресурсы, методические основы определения параметров ВЭУ, численное моделирование ветровых характеристик

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Старков А.Н., Лансберг Л.Д., Безруких П.П., Борисенко М.М. Атлас ветров России. М.: Можайск-Терра. 2000
2. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Том VI: Гидродинамика. М.: Наука. 1988
3. Лайхтман Д.Л. Физика пограничного слоя атмосферы. Л.: Гидрометеиздат. 1970
4. Николаев В.Г., Гринцевич Ю.А., Пономаренко Л.В., Плущевский М.Б. Методика определения ветроэнергетических ресурсов и оценки эффективности использования ветроэнергетических установок на территории России и стран СНГ //Рекомендации по стандартизации. М.: МИНТОПЭНЕРГО. 1994
5. Николаев В.Г., Ганага С.В., Кудряшов Ю.И. Кадастр ветроэнергетических ресурсов России и методические основы их определения. М.: Атмограф. 2008

#### СТАНДАРТИЗАЦИЯ КАК ОСНОВА ПОСТУПАТЕЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

*Редько И.Я., д.т.н., Варигина Л.В., НПЦ малой энергетики, ОАО «НИИЭС»*

Развитие мирового сообщества основано на взаимном проникновении и интеграции экономик и культур различных государств. Данные процессы являются частью общечеловеческой деятельности, сопровождающейся необходимостью разрешения возникающих между государствами противоречий, в основе которых лежат их экономические, культурные особенности и политические интересы. Экономическое развитие любого государства обусловлено как наличием материальных факторов (природные полезные ископаемые, климат, человеческие ресурсы и т. п.), так и влиянием моральных, религиозных и философских ценностей, необходимостью решения внешнеполитических проблем (обеспечение безопасности и мирное сосуществование), реализацией задач в системах «человек – общество» и «общество – природа» в условиях интенсивного развития науки, техники, технологий.

Мировое сообщество в поиске системы новых точек равновесия во взаимодействии государств и осуществлении своего развития, сопровождающегося усложняющейся взаимозависимостью и взаимообусловленностью внутренних и внешних проблем, создало Всемирную торговую организацию (ВТО). ВТО является одним из средств создания современной, эффективной экономики и равноправного участия в мировой торговле. Россия готовится стать членом ВТО. Многие политологи считают, что для нашей страны вступление в ВТО имеет следующие преимущества:

получение лучших, в сравнении с существующими, недискриминационных условий для доступа российской продукции на иностранные рынки;

доступ к международному механизму разрешения торговых споров;

создание более благоприятного климата для иностранных инвестиций в результате

приведения законодательной системы в соответствие с нормами ВТО;

расширение возможностей для российских инвесторов в странах-членах ВТО, в частности, в банковской сфере;

создание условий для повышения качества и конкурентоспособности отечественной продукции в результате увеличения потока иностранных товаров, услуг и инвестиций на российский рынок;

участие в выработке правил международной торговли с учетом своих национальных интересов;

улучшение имиджа России в мире как полноправного участника международной торговли.

Указанные факторы, независимо от времени вступления России в ВТО, имеют большое значение для развития отечественной малой и возобновляемой энергетики, в том числе ветроэнергетики.

Основным условием привлечения зарубежных инвестиций в ветроэнергетику России является необходимость приведения законодательной системы в соответствие с нормами международной торговли при соблюдении своих национальных интересов, которые должны быть учтены, в том числе при выработке правил поставок оборудования на российский рынок.

Важным инструментом достижения данных целей и обеспечения реализации проектов ветроэнергетики на национальном уровне может стать разработка и принятие комплекса стандартов, регламентирующего все этапы жизненного цикла ветроэлектростанций. В настоящее время в РФ нормативно-правовое поле в области ветроэнергетики практически полностью отсутствует. Существующие национальные стандарты: ГОСТ Р 51237-98 «Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Термины и определения», ГОСТ Р 51990—2002 «Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические». Классификация, ГОСТ Р 51991-2002 «Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические» и рекомендации по стандартизации Р 50-605-80-94 «Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Методика определения ветроэнергетических ресурсов и оценки эффективности использования вет-

роэнергетических установок на территориях России и стран СНГ». Общие технические требования не содержат исчерпывающей информации, необходимой как для создания специфического ветроэнергетического оборудования, так и для создания объектов ветроэнергетики — ветроэлектростанций, их эксплуатации, организации технического обслуживания, охраны труда и окружающей среды.

В настоящее время по заказу ОАО РАО «ЕЭС России» разработана структура комплекса стандартов организации «Ветроэлектростанции», построенного на основе методологии системного анализа, базирующегося на научных методах и логике, на основе четкой концепции. К настоящему времени разработаны три из пяти запланированных стандартов организации:

«Ветроэлектростанции. Условия создания. Нормы и требования»;

«Ветроэлектростанции. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования»;

«Ветроэлектростанции. Охрана труда (правила безопасности) при эксплуатации и техническом обслуживании. Нормы и требования».

Два оставшихся стандарта:

«Ветроэлектростанции. Условия поставки. Нормы и требования»;

«Ветроэлектростанции. Условия предоставления продукции. Нормы и требования» — предстоит разработать.

Перечисленные стандарты организации могут стать основой для разработки комплекса национальных стандартов для ветроэлектростанций.

По заданию рабочей группы по техническому регулированию ОАО «РусГидро» НПЦ малой энергетики ОАО «НИИЭС» были разработаны первоочередные мероприятия по развитию стандартизации малой и возобновляемой энергетики.

Комплекс стандартов, регламентирующих все этапы жизненного цикла ветроэлектростанций, может рассматриваться как один из элементов управления развитием ветроэнергетики. Концепция, лежащая в основе комплекса стандартов, может способствовать ускоренному развитию ветроэнергетики в России.

Что должна представлять собой концепция разработки национальных стандартов, обеспечивающая ускоренное развитие ветроэнергетики?

Во-первых, в основу концепции должен быть положен как международный, так и отечественный опыт создания и эксплуатации ветроэлектростанций: Куликовской, Воркутинской, Башкирской, Калмыцкой и т. д.

Следует отметить, что перечисленные отечественные объекты были созданы на основе российских разработок, при этом международная практика строительства ветроэлектростанций, зафиксированная в нормах и правилах комплекса стандартов МЭК 61400, была использована не в полном объеме. При эксплуатации названных объектов обнаружилось существенные резервы, которые должны быть учтены при создании новых ветроэлектростанций.

Во-вторых, концепция должна способствовать созданию комплекса стандартов, обеспечивающих:

ускоренное развитие ветроэнергетики в России;

высокий уровень безопасности ветроэлектростанций для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества, соответствующего мировым требованиям, в том числе с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф и других чрезвычайных ситуаций;

высокое качество продукции, работ и услуг в соответствии с уровнем развития науки, техники и технологии;

улучшение охраны окружающей среды и оздоровление экологической обстановки в районе размещения ветроэлектростанции;

высокую конкурентоспособность энергоисточников (в том числе электрической и тепловой энергии);

экономия всех видов ресурсов и рационального их использования;

техническую и информационную совместимость, а также взаимозаменяемость оборудования, составных частей, комплектующих изделий и материалов;

сопоставимость результатов испытаний и измерений технических и экономико-статистических данных;

возможность выполнения сравнительного анализа характеристик продукции;

получение государственных заказов;

внедрения инноваций;

выполнения поставок ВЭС и их оборудования;

подтверждения соответствия продукции (электрической и тепловой энергии);

полноправное участие ВЭС в программе обеспечения энергетической безопасности страны.

Очевидно, что комплекс национальных стандартов должен регламентировать все этапы жизненного цикла ВЭС (включая их утилизацию), использование по назначению и охрану труда (нормы безопасности) при эксплуатации и техническом обслуживании объекта ветроэнергетики (в рассматриваемом случае понятию объект ветроэнергетики соответствует термин «ветроэлектростанция»). Комплекс стандартов должен соответствовать Федеральному закону от 27.12.2002г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», ГОСТ Р 1.0-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения» и техническим регламентам РФ.

В соответствии с разработанной концепцией комплекс национальных стандартов включает в себя пять стандартов:

«Ветроэлектростанции. Условия создания. Нормы и требования»;

«Ветроэлектростанции. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования»;

«Ветроэлектростанции. Охрана труда (правила безопасности) при эксплуатации и техническом обслуживании. Нормы и требования»;

«Ветроэлектростанции. Условия поставки. Нормы и требования»;

«Ветроэлектростанции. Условия представления продукции. Нормы и требования».

При формулировании требований следует широко использовать передовой зарубежный опыт и обеспечить гармонизацию требований с существующими международными стандартами, учитывая при этом:

соблюдение интересов отечественных производителей, потребителей, поставщиков продукции, оборудования, эксплуатирующих организаций;

специфические особенности российской энергетики;

специфические климатические, экономические, политические и прочие интересы РФ.

При разработке комплекса стандартов необходимо также обеспечить:

преемственность по отношению к существующей нормативно-правовой базе энергетики; гармонизацию разрабатываемых стандартов как внутри комплекса стандартов, так и с сопряженными национальными стандартами.

Содержание каждого стандарта, входящего в комплекс стандартов по ветроэлектростанциям, должно соответствовать ГОСТ Р 1.4 и иметь следующую структуру:

область применения;  
нормативные ссылки;  
термины, определения, сокращения и обозначения;  
требования, отражающие суть стандарта; приложения (в случае необходимости); библиографию;  
источники требований.

В число основных принципов, реализуемых при разработке стандартов, входят следующие:

принцип сбалансированности интересов субъектов стандартизации;  
принцип системности;  
принцип гармонизации;  
принцип оптимизации;  
принцип динамичности;  
принцип эффективности.

Комплекс национальных стандартов должен быть ориентирован на установленные в результате анализа субъекты (то есть пользователи стандартов) и объекты (то есть конкретные типы и виды ветроэлектростанций) стандартизации.

Стандарты должны быть разработаны на основе научного прогнозирования и проведенных предварительных исследований, в результате которых должны быть выявлены:

специфические особенности предмета стандартизации;

наиболее перспективные типоразмерные ряды оборудования;

наиболее целесообразные схемы ветроэлектростанций и специфические особенности сферы применения стандарта.

Сбалансированность интересов сторон, являющихся субъектами стандартизации, должна быть достигнута путем их участия в разработке стандартов и широкого обсуждения проектов документов всеми заинтере-

ресованными физическими и юридическими лицами, а также на основе выработки компромиссной точки зрения по спорным вопросам.

Реализация принципа системности должна найти свое отражение как в структуре комплекса стандартов, так и в совокупности требований и норм, составляющих информационное ядро каждого из стандартов.

Системность стандартов, входящих в комплекс, и требований, содержащихся в стандартах, выражается в их взаимосвязанности и взаимозависимости. Реализация принципа системности обеспечивает достижение поставленных целей с максимальной эффективностью и наименьшими затратами.

При разработке комплекса стандартов должен быть использован принцип гармонизации, что обеспечит непротиворечивость стандартов и их взаимоувязку как внутри комплекса, так и с сопряженными отечественными и международными стандартами.

Эффективность стандартов достигается за счет экономического и социального эффекта. Экономический эффект комплекса стандартов достигается за счет требований, гарантирующих экономию ресурсов, повышение надежности, оптимизацию удельного расхода материалов, техническую и информационную совместимость. Социальный эффект данного комплекса стандартов обеспечивается требованиями, гарантирующими безопасность технологических процессов, безопасность и охрану жизни и здоровья людей, а также окружающей среды.

Выполнение экономического обоснования каждого из стандартов должно учитывать положительный экономический, экологический и социальный эффект от внедрения стандарта, использования ветровой энергии и генерации на ее основе «чистой» энергии.

Целесообразность комплекса стандартов организации «Ветроэлектростанции» заключается в том, чтобы разработчики комплекса стандартов организации «Ветроэлектростанции» использовали не только отечественный опыт, но и лучшие достижения международной практики.

Ветроэлектростанция в самом общем случае представляет собой одну или некоторое число ветроэлектрических установок, объединенных общей сетью сбора мощно-

сти, обеспеченных традиционным общестанционным оборудованием, имеющимся, как правило, на любой электростанции и системой управления. Следовательно, при разработке стандартов основная степень новизны должна быть сосредоточена в требованиях, вытекающих из особенностей функционирования ветроэлектрических установок (ВЭУ) и процессов управления ими. Опыт эксплуатации ВЭУ производства фирмы «Вестас» имеется: данные машины установлены на Куликовской ВЭС, руководство которой любезно предоставило необходимые для разработки стандартов материалы и принимало активное участие в создании комплекса стандартов. Кроме этого разработчики опирались на собственный опыт подготовки технико-экономического обоснования строительства «Морского ветропарка» мощностью 50 МВт в Калининградской области России — совместного российско-датского проекта, выполненного в соответствии с международными нормами и правилами по заказу ОАО РАО «ЕЭС России». При разработке стандартов также широко использовался международный опыт, отраженный в стандартах МЭК 61400, информация, опубликованная на сайтах ветроэнергетических ассоциаций и в печати, научно-технические отчеты, материалы НТС ОАО РАО «ЕЭС России», документация, предоставленная отечественными разработчиками и производителями ВЭУ.

В процессе разработки стандартов принимали участие ведущие специалисты-ветроэнергетики, в том числе специалисты Чукотской ВЭС, преподаватели ведущих высших учебных и научных институтов, ведущие специалисты, разрабатывающие и эксплуатирующие ветроэнергетическое оборудование: ТГК 1; ТГК 9; ОАО «Янтарьэнерго»; ФГУП «ПО-Полет»; ФГУП ГРЦ КБ им. Академика В.П. Макеева; ГРЦ «Вертикаль»; НП «Союз промышленников и предпринимателей атомной отрасли»; Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Российской академии наук Сибирского отделения; МАИ; ЦАГИ; ЗАО «Ветроэнерго».

Для выявления специфических особенностей объектов стандартизации разработчиками были изучены реальные возможности и

условия развития ветроэнергетики в России и выполнены соответствующие прогнозы на основе комплексного системного анализа. Полученная базовая информация, основанная на научно-технических прогнозах, отечественном и международном опыте, позволила разработать комплекс стандартов, являющихся по своей сути опережающими, перспективными для отечественной ветроэнергетики, так как в них установлены повышенные по отношению к достигнутому национальному уровню нормы и требования к объектам стандартизации.

Данные перспективные стандарты обеспечивают наиболее полный учет научно и экономически обоснованных требований заказчика, использование результатов поисковых, фундаментальных, прикладных научно-исследовательских работ, прогнозирования, изобретений. Разработанные перспективные стандарты должны способствовать разработке, постановке на производство и выпуску новой техники и технологий.

Для того, чтобы стандарты не тормозили технический прогресс, они должны устанавливать показатели, которые одновременно являются и перспективными и реально достижимыми в течение периода, для которого разрабатывается стандарт.

Как было сказано выше, предстоит разработать два оставшихся стандарта организации, входящие в комплекс «Ветроэлектростанции»:

«Ветроэлектростанции. Условия поставки. Нормы и требования».

«Ветроэлектростанции. Условия предоставления продукции. Нормы и требования», которые являются ключевыми стандартами, обеспечивающими реальный потребительский спрос на ветроэлектростанции как объекты энергетики и на их продукцию.

Необходимость разработки названных стандартов обусловлена:

1. Отсутствием в РФ нормативно-правовых документов, регулирующих условия поставки объектов ветроэнергетики и оборудования для них, а также отсутствием правил доступа к розничному и оптовому рынку электроэнергии, выработанной ветроэлектростанциями;

2. Невозможностью использования существующих нормативно-правовых докумен-

тов, регулирующих условия поставки и предоставления продукции в энергетике, для объектов ветроэнергетики, что обусловлено специфическими особенностями функционирования ветроэлектростанций, их оборудования и выработанной ими электроэнергии по сравнению с традиционными электростанциями;

3. Решением общегосударственной задачи качественного и надежного снабжения энергией децентрализованных потребителей на основе разрабатываемого в настоящее время многотопливного энерготехнологического комплекса (МЭК) с комбинированной выработкой энергии на основе возобновляемых источников энергии и, в первую очередь, энергии ветра. Работы были начаты по заказу ОАО РАО «ЕЭС России».

Опыт строительства и эксплуатации Куликовской, Калмыцкой, Чукотской, Башкирской и прочих ветроэлектростанций подтверждает необходимость разработки стандартов, регламентирующих условия поставки и адаптации к климатическим условиям России как импортного, так и отечественного ветроэнергетического оборудования, а также условия доступа к розничному и оптовому рынкам электроэнергии. Отсутствие названных стандартов является критическим фактором для развития ветроэнергетики в целом и для эффективного функционирования объектов ветроэнергетики в частности. Разработка стандартов организации «Ветроэлектростанции. Условия поставки. Нормы и требования» и «Ветроэлектростанции. Условия предоставления продукции. Нормы и требования»:

заполнит существующий пробел в нормативном обеспечении развития ветроэнергетики;

будет способствовать повышению качества, надежности и эффективности функционирования ветроэлектростанций;

установит правила доступа к розничному и оптовому рынкам электроэнергии;

обеспечит инвестиционную привлекательность строительства ветроэлектростанций.

Для поддержания действующих стандартов в соответствии с требованиями потребителей, с достижениями непрерывно развивающейся ветроэнергетики, стандарты должны систематически обновляться,

то есть процесс опережающей стандартизации должен идти непрерывно. Из этого следует, что после ввода в действие опережающего стандарта сразу же необходимо приступить к разработке нового стандарта, которому предстоит заменить предшествующий. Таким образом, возникает необходимость создания структуры в рамках ОАО «РусГидро», в обязанности которой должна входить работа по созданию и поддержке стандартов на должном научном и техническом уровне. Разумеется, в этом случае речь идет не только о стандартизации в ветроэнергетике, но о всей совокупности стандартов по возобновляемой энергетике, которая входит в сферу бизнес-интересов ОАО «РусГидро». Такой структурой должен стать создаваемый на базе ОАО «НИИ-ЭС» ОАО «РусГидро» технический комитет (ТК). Цель создания технического комитета не ограничивается задачей разработки и поддержки стандартов. Такие вопросы как:

повышение качества продукции;

экспертиза нормативно-правовой и научно-технической документации, в том числе **организация экспертизы проектов национальных, межгосударственных и международных стандартов;**

осуществление сотрудничества с национальными ТК в смежных областях деятельности;

участие в работе ТК международных и региональных организаций по стандартизации, в том числе, в целях принятия национальных стандартов Российской Федерации в качестве международных (региональных);

подготовка предложений по разработке международных и межгосударственных стандартов и предложений относительно позиции Российской Федерации для голосования по проектам международных и региональных организаций по стандартизации будут также находиться в сфере внимания технического комитета.

В состав ТК войдут шесть подкомитетов по:

ветроэнергетике;

гидроэнергетике;

приливной энергетике;

геотермальной энергетике;

солнечной энергетике;

многофункциональным энерготехнологическим комплексам.

Эти подкомитеты должны координировать разработку стандартов, которые образуют гармонизированную (взаимоувязанную) систему стандартов в области малой и возобновляемой энергетики. Такая система будет представлять собой единый комплекс взаимосвязанных правил и положений, построенный по общей методике в соответствии с целями и задачами стандартизации.

Система стандартов является одним из элементов технической политики в энергетике и направлена на решение бизнес-задач

ОАО «РусГидро» в области малой и возобновляемой энергетики:

обеспечение прибыльности проектов строительства объектов возобновляемой энергетики; увеличение масштабов использования возобновляемых ресурсов;

ускорение научно и технически подготовленного развития техники и технологий;

повышение производительности труда; улучшение качества продукции и защиты окружающей среды.

**Ключевые слова:** стандартизация, ветроэлектростанции, эксплуатация, техническое обслуживание, охрана труда, нормы и требования, комитет, стандарт организации, национальный стандарт, межгосударственный стандарт, международный стандарт, опережающий стандарт, условия поставки, условия предоставления продукции.

## **СОЦИАЛЬНЫЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ВЕТРОУСТАНОВОК НА ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ**

*Соломин Е.В., к.т.н., генеральный директор, Кирпичникова И.М.д.т.н.,  
ООО «ГРЦ-Вертикаль», г. Миасс*

В статье рассматриваются тенденции на размещение ветроэнергетических установок (ВЭУ) рядом с жилыми, производственными и офисными зданиями. Описываются экономические и социальные аспекты приближения установок к среде обитания человека

В развитии Российской ветроэнергетики наблюдается очевидное отставание от темпов, взятых в последней трети 20 века странами Евросоюза, США, Индии, Китая и других стран. Данная тенденция возникла, в первую очередь, благодаря колоссальным природным запасам углеводородов, находящимся на территории России и дешевизне электрогенерации на их основе, а также умеренной ветровой обстановке на большей ее части.

Тем не менее, ученые ряда таких ведущих предприятий России, как ФГУП Государственный Ракетный Центр — КБ им. академика В.П.Макеева (г. Миасс Челябинской области), Государственное машиностроительное предприятие — КБ «Радуга» (г. Дубна Московской области), ФГУП Государственный космический научно-производственный центр имени М.В.Хруничева (г. Москва) и ряд других крупных научно-производственных центров продол-

жают разработку и освоение новых проектов, связанных с ветроэнергетикой и достигают поистине серьезных результатов. Более того, размах, глубина и новизна современных отечественных разработок зачастую превышают уровень, достигнутый ведущими коллективами США, стран Евросоюза и других развитых стран.

В ООО «ГРЦ-Вертикаль», созданном на базе Государственного Ракетного Центра — КБ им. академика В.П.Макеева (г. Миасс Челябинской области) изобретены новые конструкции вертикально-осевых ВЭУ, обладающие неоспоримыми преимуществами перед существующими в мире конструкциями [1]. В данный момент осваивается их серийное производство.

Список российских производителей продолжает пополняться не только благодаря требованиям рынка, но также и увеличению финансирования инновационных проектов со стороны государственных местных и федеральных фондов, прямых и косвенных иностранных и российских инвестиций.

Опыт проведения системного маркетинга и анализа запросов, поступающих в ООО «ГРЦ-Вертикаль», показывает, что количество потенциальных потребителей различно-

го класса ветроустановок увеличивается каждый год вдвое относительно предыдущего. Так, если за 2004 г. в фирму поступило свыше 100 запросов, то за 2005 г. — свыше 200, за 2006 г. — 400, за 2007 г. — около 1000, а за 2008 г. поступило свыше 2000 запросов от потенциальных потребителей на ВЭУ разной мощности [1].

Принимая во внимание мировые успехи в развитии технических и экологических характеристик ветроустановок, ряд параметров ВЭУ уже давно улучшен настолько, что удовлетворяет требованиям по экологической безопасности даже при нахождении в непосредственной близости к жилью, или будучи расположенными на нем. Современные здания, в свою очередь, выдерживают статические и динамические нагрузки, создаваемые ВЭУ определенных конструкций и мощности [2].

На наш взгляд, размещение экологически безопасных ВЭУ на крышах жилых и промышленных зданий позволит снизить инсталляционные капиталовложения, потери на передачу электроэнергии и эксплуатационные расходы, уменьшить зависимость жильцов от центрального электро- и теплоснабжения, создаст перспективы строительства специальных «экологических» домов и украсит эстетический вид зданий.

На конец 2008 г. в ООО «ГРЦ-Вертикаль» поступило свыше 500 запросов на размещение малых (до 10 кВт) ВЭУ на крышах многоэтажных жилых домов и отдельно стоящих коттеджей, что является показателем спроса на данные изделия. В основном данные заказы поступают от заказчиков, проживающих либо в густонаселенных районах мегаполиса (Москва, Санкт-Петербург), либо от владельцев отдельно стоящих коттеджей [1].

Анализ литературных источников показывает, что, несмотря на темпы развития мировой ветроэнергетики, существует ряд направлений, которым до настоящего времени не уделялось достаточного внимания.

В частности, в большей части литературы ветроэнергетическая установка рассматривается, как отдельно стоящая, обособленная часть инфраструктуры или ландшафта [3]. Таким образом, предполагается, что ВЭУ расположена в каком-либо от-

дельном месте, а не интегрирована в городскую или сельскую инфраструктуру.

Это было достаточно логично до недавнего времени, т.к. ВЭУ являлась повышенным источником опасности для человека и животных (в частности, птиц) и генерировала ряд звуковых и инфразвуковых колебаний, влияние которых на живые организмы до конца не изучено. Кроме того, массивы зданий препятствуют свободному прохождению ветрового потока к ВЭУ, а размещение ВЭУ в городской черте осложняется выделением соответствующей площади, дефицит которой со временем растет.

Нормативными актами, изданными в основном в 70–90-х гг. XX века, предполагается размещение ВЭУ на удаленном расстоянии от жилых помещений [4].

Однако сегодня, при современном дефиците территорий, который продолжает катастрофически увеличиваться в связи с ростом населения планеты, данный размах в размещении ВЭУ на больших территориях начинает сокращаться. Соответственно необходимы новые технические решения, а также новые законодательные регулирования.

При строительстве современных массивов можно учитывать направление ветров и выстраивать сооружения из расчета использования энергии ветрового потока, концентрируемого городским массивом. Такая система (или в применении к искусственным сооружениям «инфраструктура») действует аналогично горным массивам, направляющим потоки ветра или лесопосадкам, создающим естественные коридоры для концентрации ветрового потока. Например, часто ветроустановки размещают в ущельях, т.к. в них ветер стабильнее, чем на вершинах окружающих это ущелье гор, и направление неизменно [5].

Аналогично, с помощью искусственно созданных сооружений можно достичь оптимального использования местной ветровой обстановки.

К примеру, из практики известно, что в городе, и особенно в районах со сложной сетью переулков, постоянно существует тяга ветра. Это и есть не что иное, как естественно возникший поток ветра в искусственно возведенном массиве.

Наличие такого феномена обуславливает желание утилизировать ветровой поток и поставить его на службу человеку с помощью применения ветроустановки, преобразующей кинетическую энергию ветра в электрическую энергию, доступную большинству потребителей, проживающих рядом.

Традиционно крупные ветроэнергетические установки располагаются на некотором удалении от жилых поселений по ряду причин:

- снижается риск травматизма человека и животных;

- отсутствует влияние работы ВЭУ на организм человека;

- при расположении ВЭУ в городской черте дефицит и дороговизна земли снижают рентабельность ветроэнергетической установки.

Однако удаленное расположение ВЭУ также приносит ряд проблем:

- передача электроэнергии на большие расстояния связана с неизбежными потерями;

- возникают проблемы защиты от вандализма человека и вмешательства диких животных;

- обслуживание ВЭУ затрудняется в силу отсутствия необходимого оборудования на местах;

- с удаленностью расположения ВЭУ растет стоимость монтажа, ремонта и обслуживания, т.е. возрастают эксплуатационные расходы.

Если же удовлетворяющие требованиям безопасности ВЭУ располагать близко к жилым поселениям или непосредственно в их инфраструктуре, перечисленные выше проблемы, на наш взгляд, могли бы быть частично сняты.

Мы считаем, что данная задача в условиях города и отдельно стоящих зданий технически вполне выполнима. Ветроустановки можно устанавливать на крышах зданий, в местах постоянной тяги, в туннелях и т.д.

Это, с одной стороны, создаст ряд дополнительных источников электроэнергии, а, с другой стороны, уменьшит ветровой поток внутри города, что зачастую является также позитивным фактором внедрения данных установок.

Такие тенденции уже наблюдаются в России. Примером может служить такой факт [6]: 5 июля 2006 г. в г. Москве принят закон № 35 «Об энергосбережении в городе Москве». Ос-

новной целью закона является сдерживание увеличения энергопотребления всеми имеющимися для экономики Москвы мерами.

Целью закона является создание законодательной основы для реализации в рамках городской политики в области энергосбережения мер финансового, технического и организованного характера, направленных на достижение высокого уровня энергоэффективности как отдельных хозяйствующих субъектов, так и экономики города в целом при гарантированном энергообеспечении и снижении негативного воздействия производства и потребления энергетических ресурсов на окружающую природную среду, что позволит в полном объеме осуществлять программные энергосберегающие мероприятия, принятые государственной властью Москвы.

В рамках поставленной цели закон позволит решить целый комплекс задач, важнейшими из которых являются:

- совершенствование правового регулирования в области энергосбережения;

- финансовое обеспечение и осуществление механизмов реализации городской целевой программы по энергосбережению;

- организация системы контроля за расходом энергоресурсов и их эффективным использованием;

- сокращение удельных затрат на энергообеспечение, включая средства бюджета Москвы;

- обеспечение заинтересованности производителей, поставщиков и потребителей энергоресурсов в повышении эффективности их использования;

- обеспечение экологической направленности энергосбережения.

Мы полагаем, что перечисленные меры, и особенно последняя, неизбежно приведут к необходимости использования альтернативных источников энергии. Учитывая особенности климата, для Москвы наиболее эффективным источником является ветроэнергетика. Однако для размещения ветроустановок в таком мегаполисе, как Москва, практически нет площади. Мы полагаем, что местом для размещения ветроустановок могут являться крыши жилых, офисных и производственных зданий с соответствующими ограничениями.

Известно, что при расположении ВЭУ в черте жилого поселения, добавляется ряд других существенных проблем. Интеграция ветроустановок в существующие жилые, офисные и производственные массивы неизбежно потребует дополнительного изучения зданий на предмет возможности размещения на них ВЭУ или, фактически, проверки выполнения нормативов на устойчивость к вибрации, генерируемой ветроустановкой или ветропарком.

Попытки внедрения ветроустановок в жилые и офисные комплексы предпринимаются, однако неизвестно, установлены ли ВЭУ в соответствии со стандартами, или это прямое нарушение ГОСТов (рис. 1).



Рис. 1. Фотографии ветроустановок, расположенных на жилых и офисных зданиях

Тем не менее, существуют реальные проекты, воплотившие в себе интеграцию ВЭУ и строительной конструкции. Простейшие формы ветроустановок появились на трубах вентиляций сравнительно давно. Однако такие конструкции не прижились из-за того, что эффективность вытяжной вентиляции при наличии такого типа ветроустановки снижается на 30 – 40% (рис. 2).

В ряде случаев само здание или конструкция может явиться собственно ветроэнергетической установкой. В своих футуристических проектах калифорнийский дизайнер Майкл Янтцен в 2002 г. придумал оригинальную крышу с красивым названием «Ветровая тень» (Wind Shade Roof) (рис. 3).



Рис. 2. Фотография простейшей ветроустановки, расположенной на вентиляционной трубе на крыше здания



Рис. 3. Оригинальная крыша «Ветровая тень» [10]

Это удачный образец технической эстетики — объект, в котором утилитарная функция выработки энергии стала определяющей чертой необычного дизайна: вся поверхность крыши сформирована лопастями ветровых турбин. Такой объект может поместить в себе выставочную экспозицию, автомобильную стоянку, автозаправку и т.д. Следующим изобретением архитектора стала «Ветровая обзорная башня» (Wind Turbine Observation Tower), где бегающие по кругу лопасти ветроустановок служили дизайнерским элементом, создавая при этом необычные ощущения у посетителей здания. Кроме ветроагрегата, сооружение оборудовано системой солнечных батарей. Главной задачей, по мнению архитектора, являлось такое необычное оформление, чтобы оно могло бы привлекать взоры прохожих. Такие архитектурные изобретения, безусловно, могли бы стать органичным украшением пейзажа как в среде мегаполиса, так и в тихом пригороде (рис. 4).

Пешеходный мост Wind Tunnel Foot Bridge — по сути, та же Observation Tower, только положенная на бок. Тот же принцип и у пешеходного моста «Ветровой туннель» (Wind Tunnel Foot Bridge). Его большие вет-



Рис. 4. Павильон формы ветра [10]

ровые колеса, обнимающие пешеходную дорожку, по замыслу Янтцена, могут вырабатывать электроэнергию в количествах, достаточных для того, чтобы ночью мост мог подсвечивать сам себя (рис. 5, 6).



Рис. 5. Ветровой туннель изнутри [10]

Венцом творения архитектора явился ветровой дом, представленный в виде небольшого семиэтажного дома, получившего название «Павильон формы ветра» (Wind Shaped Pavilion), который позднее получил логическое продолжение в новом проекте «Дом трансформации» (Transformation House) (рис. 7).



Рис. 6. Ветровой туннель снаружи [10]



Рис. 7. Дом трансформации (Transformation House) [10]

Необходимо отметить, что описанные проекты предусматривают в основном применение принципа ветроэнергетических установок с вертикальной осью вращения, а не традиционных пропеллеров.

К вышесказанному остается добавить, что в стадии разработки находится ряд проектов по перенесению инженерных коммуникаций на крыши зданий. В частности, мэрия г.Москвы объявила в 2007 году о начале разработки проекта, по которому в столице России в ближайшее время начнут строить дома, на крышах которых будут проходить автодороги, что поможет решить транспортную проблему. Пилотный проект уже разработан, строительство первых опытных сооружений уже началось. Предполагается построить систему офисных и складских зданий, на последних этажах которых будут расположены инженерные коммуникации. Данный пример косвенно подтверждает прогнозы о стремлении использовать крыши строительных конструкций и сооружений.

#### *Тенденции рынка энергетики в России*

С 1 сентября 2006 года Постановлением Правительства Российской Федерации были введены новые правила функционирования

оптового рынка электроэнергии (мощности) [7]. Новые правила работы оптового рынка (далее — «Правила») изменили государственно-искусственную систему взаимоотношений покупателей и поставщиков электрической энергии и мощности (рис. 8).

Согласно «Правилам», вместо регулируемого сектора и сектора свободной торговли на оптовом рынке внедрена система регулируемых договоров между продавцами и покупателями электроэнергии. Договоры называются регулируемыми, поскольку цены на электроэнергию в рамках этих договоров регулируются Федеральной службой по тарифам (ФСТ). Это единственная мера, которая может сдерживать неуклонный рост стоимости электроэнергии.

Переход участников на долгосрочные двусторонние отношения в условиях либерализации рынка обеспечил, с одной стороны, прогнозируемость стоимости электрической энергии (мощности) в среднесрочной и долгосрочной перспективе, что явилось залогом инвестиционной привлекательности электроэнергетики. Пока данная система работает, цены на электроэнергию растут относительно медленно. С другой же стороны, такие отношения на практике являются совсем не рыночными, а фактически

распределительными, с сохранением старых принципов распределения. Более того, после реструктуризации ОАО РАО «ЕЭС России» местные энергетические компании продолжают свое монополистическое господство.

Это подталкивает потребителей электроэнергии различного уровня на строительство своих электростанций. Все нефтяные и газовые промыслы возводят независимые энергокомплексы. Например, завод по разжижению газа, который находится всего в 30 км от Сахалина, строит собственную электростанцию мощностью 150 МВт, при этом вся установленная мощность на Сахалине всего 400 МВт. Вновь созданные сети не соединяются в систему ОАО «РусГидро» — преемника ОАО РАО «ЕЭС России», и такая тенденция нарастает. В данной ситуации частный потребитель также стремится обособиться за счет возведения своих энергетических мощностей. Примером тому являются возводимые одиночные ветроустановки, микроГЭС, и т.д.

По словам премьер-министра В.В.Путина в 2007 году [8] во многих регионах возник дефицит электроэнергии, достигший в совокупности 50 млрд. кВт·ч или примерно 5% от её годовой выработки.

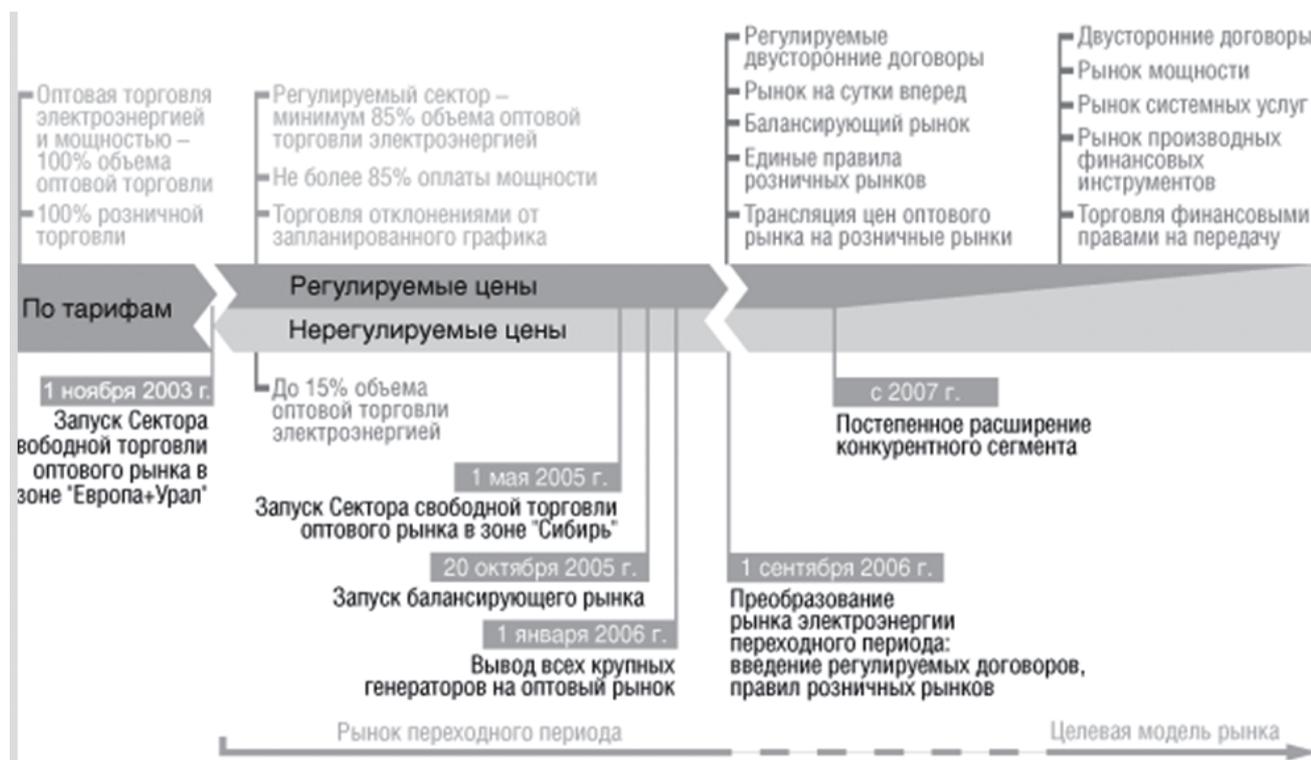


Рис. 8. Новые правила оптового рынка электроэнергии в России [7]

Данная нарастающая тенденция усугубляется еще и тем, что за послеперестроечные годы Холдинг ОАО РАО «ЕЭС России» серьезно сократил (а фактически прекратил) темпы строительства энергодобывающих предприятий, проведение линий электропередач и распределительных подстанций. В связи с этим нехватка электроэнергии ощущается по всей стране. Кроме того, за счет устаревания оборудования происходят аварийные отключения. Пример тому авария в Москве в 2006 г. Масштабные отключения были в Нижневартовском районе, существенная авария произошла в Сочи. Бывают и другие инциденты, которые не имеют широкого резонанса. Существует опасность «веерных» отключений. При этом такая тенденция наблюдается не только в России, но и за рубежом (рис. 9).



Рис. 9. Тенденция роста энергопотребления в мире [7]

Рассмотрим тенденцию роста энергопотребления в России на примере города Москвы.

Повышенный спрос на электроэнергию пока покрывается электростанциями ОАО

«РусГидро» в регионах, где существуют сети. Однако существуют регионы, где рост потребления электроэнергии превышает многократно в среднем по стране самые смелые прогнозы. В отдельных районах Тюмени рост потребления электроэнергии последние 2 – 3 года превышает 20% в год. Поэтому можно сказать, что ОАО «РусГидро» не успевает в отдельных местах за этим спросом.

Спрос на электроэнергию существенно опережает ее выработку практически во всех регионах России. Недоотпуск энергии по Москве отражает тенденцию в России в целом (рис. 10).



Рис. 10. Недоотпуск электроэнергии в Москве [7]

Рост потребления энергии налицо. Прогнозы далеко опережают спрос и свидетельствуют о необходимости строительства дополнительных источников энергии (рис. 11).



Рис. 11. Энергопотребление в Московском регионе

Наблюдается изменение баланса потребления энергии промышленными предприятиями и непромышленными объектами (рис. 12).

Видно, как изменилась структура потребления электроэнергии в Москве. В 1990 году это явно выраженный индустриальный город. Более 55% потребления приходится на промышленность. В 2005 году — это только 34%, при этом общее потребление электроэнергии также выросло.

Отсюда грядёт другая опасность: вырастет непромышленное потребление. А непромышленный потребитель — неуправляемый

Структура электропотребления в Московском регионе



Рис. 12. Структура энергопотребления в Москве [7] и непредсказуемый. Ему нельзя приказать не включать электроприбор после 21.00 вечера.

Учитывая наличие торговых и офисных площадей на душу населения, нетрудно заметить, что даже в Москве, где деловая активность является наивысшей по России, эта цифра крайне мала по сравнению с западными данными (рис. 13).



Рис. 13. Площади торговых и офисных площадей [7]

Такие показатели в других городах России еще ниже. Таким образом, имеется колоссальный запас по приросту мощности и потребления электроэнергии по непромышленному сектору и населению.

Диаграмма по энергопотреблению населения выглядит еще более серьезно (рис. 14).

Последствия такого дисбаланса следующие: полая линия — располагаемая (установленная) мощность электростанций в Московском регионе, красная линия — изменение максимума нагрузки, или прогноз этого максимума при температуре ниже 26°C. Один

день –26°C и неделя 26°C. Между этими двумя точками разница в потреблении электроэнергии примерно 20%. Таким образом, стоит постоять холодной неделей, и потребление электроэнергии значительно возрастает.

Поскольку к этому добавляется значительное число непромышленных (и непредсказуемых) потребителей, то этим процессом преемник ОАО РАО «ЕЭС России» РусГидро не в состоянии управлять уже сегодня, т.е. есть шансы не успеть за потреблением и в ближайшие годы. Системному оператору ОАО РАО «ЕЭС России» уже в 2006 году было дано специальное распоряжение «по разработке специальных мер по отключению нагрузки в случае длительных низких температур в городе Москве».

Как уже говорилось, сегодня ОАО «РусГидро» практически не вводит новые мощности, их строят потребители. Следовательно, в ближайшем будущем основой для внедрения новых энергосистем будут, по прогнозам, альтернативные источники энергии.

#### Потенциальный рынок ветроэнергетики в России

Установленная мощность генерирующих предприятий Холдинга ОАО «РАО ЕЭСРоссии» на конец 2007 г. составила 161,2 млн. кВт или 72,5% от установленной мощности электростанций России. По разным оценкам [9] от 60 до 70% территории России, на которой расположено 14 краев и областей, 6 республик, 10 автономных округов, до 70 городов, 360 поселков городского типа и 1400 малых населенных пунктов, не охвачено централизованным электро- и теплоснабжением. На этой территории проживает до 20 млн. человек, жизнедеятельность которых обеспечивают, в основном, средства малой энергетики (микроГЭС, дизельэлектростанции, ветростанции, солнечные батареи и т.д.). Из них 180 тыс. человек составляют малочисленные народы Севера. На этой территории сосредоточено до 15% основных фондов РФ: здесь добывается 75% нефти, 92% газа, 15% угля, 40% деловой древесины, 50% рыбы, производится 40% продукции рыбоконсервной промышленности. Очевидно, данная территория является перспективной для внедрения ветроэнергетических мощностей.

Стоимость кВт·часа составляет для разных регионов от 0,5 руб/кВт·ч (дотацион-



Рис. 14. Баланс нагрузок и располагаемой мощности в Московском регионе [7]

ные предприятия) до 26 руб/кВт·ч (Северные регионы).

Потенциальные мощности для внедрения ветроэнергетики в России можно оценить следующим образом.

На 2007 г. доля выработки электроэнергии ветроэнергетическими установками в РФ ничтожно мала (менее 0,5%). За рубежом расчетную долю ветровой энергии в национальных энергобалансах ряда стран к 2020 г. предусматривается довести до следующих цифр:

- 50% — Дания;
- 30% — Германия;
- 24% — США;
- 15% — Китай.

При условии внедрения ВЭУ в России в размере по крайней мере 10% от национального энергобаланса ТЭС расчетные цифры будут следующими, исходя из установленных мощностей ОАО «РусГидро»:

$$M_{\text{ветр}} = M \times 10\% =$$

$$161\,200\,000 \text{ кВт} \times 10\% = 16\,120\,000 \text{ кВт},$$

где:  $M$  — установленная мощность Холдинга ОАО РАО «ЕЭС России»,  $M_{\text{ветр}}$  — предполагаемая мощность ветроэнергетических ресурсов.  $M_{\text{в}}$  в данном случае отражает потенциальный рынок ветроэнергетики в России и показывает потенциальный объем внедрения ВЭУ с существенной поправкой.

Номинальную (или заявляемую) мощность ВЭУ в общепринятой международной практике принято показывать на скорости ветра 10,4 – 15 м/с согласно стандартам разных стран. В России, где средняя скорость ветра составляет 4 – 6 м/с, нельзя переносить прямой расчет внедряемой мощности на расчет количества требуемых ВЭУ по номиналу, поскольку практика показывает, что на скорости 6 м/с ветроэнергетические установки выдают всего 10% от номинала, а на скорости ветра 4 м/с — менее 1 – 3%.

Следовательно, взяв среднюю скорость ветра в России 6 м/с, необходимо количество внедряемых установок увеличить в 10 раз.

Для простого примера возьмем внедрение только ВЭУ-10 (10кВт).

Тогда прямой расчет количества установок по номиналу (10 кВт) даст следующий результат:

$$M_{\text{вэу-10}} = M_{\text{ветр}} / 10 \text{ кВт} =$$

$$16\,120\,000 \text{ кВт} / 10 \text{ кВт} = 1\,612\,000 \text{ установок}.$$

Как было оговорено, эта цифра неверна, т.к. в России установка выдает примерно 10% от номинала мощности, или 1/10 часть.

Тогда реальное количество ВЭУ-10, подлежащих внедрению, составляет:

$$M_{\text{вэу-10реал}} = M_{\text{вэу-10}} \times 10 =$$

$$1\,612\,000 \text{ кВт} \times 10 = 16\,120\,000 \text{ установок ВЭУ-10}.$$

Аналогичный пересчет можно провести для любых других мощностей ВЭУ.

Оценить экономическую эффективность внедрения ветроэнергетических мощностей в пределах России чрезвычайно трудно в условиях растущей нехватки электроэнергетических ресурсов, поэтому речь может идти о социально-экономических и экологических аспектах.

**Потенциальный рынок ветроэнергетических установок, предназначенных для размещения на зданиях и сооружениях**

Согласно данным Росстата [8], мощность электростанций в России в 2004 г. возросла до 216,6 млн. кВт против 213 млн. в 1991 г., т. е. прирост составил 1,6%. Однако производство электроэнергии уменьшилось за эти годы почти на 13% — с 1068,2 млрд. до 931,9 млрд. кВт·ч в 2004 г., из которых почти 40 млрд. были потеряны в сетях или использованы для нужд самой электроэнергетики.

Возведение отдельных ВЭУ и ветроэлектрических станций на зданиях и сооружениях позволит:

экономить дорогостоящие территории вблизи мегаполисов;

сократить расходы на передачу электроэнергии потребителю за счет минимальных потерь в линиях электропередач благодаря сокращению их протяженности. При условии перевода 10% мощностей ОАО «Рус-Гидро» в ветроэнергетические ресурсы, находящиеся в непосредственной близости к жилью, экономия составит свыше 4 млрд. кВт·ч в год. Это очевидный экономический эффект;

сократить расходы на содержание ВЭУ за счет местных потребителей, что также является экономическим эффектом, измеряемым миллионами рублей в связи с отсутствием специальной охраны ВЭУ, строительства подъездных магистралей, найма

монтажников-высотников, расхода ГСМ на транспортировку, обслуживание и ремонт;

сократить выбросы вредных веществ в атмосферу за счет сокращения деятельности топливно-энергетических предприятий. Это серьезный экологический аспект в условиях изменяющегося климата планеты.

Согласно запросам, поступающим от потенциальных потребителей в ООО «ГРЦ-Вертикаль», количественный процент желающих разместить ветроэнергетическую установку, составляет 10% от числа потенциальных заказчиков ВЭУ. В соответствии с этим, легко подсчитать, что  $M_c$  (мощность ВЭУ, размещенных на зданиях и сооружениях) будет равна:

$$M_{\text{соор}} = M_{\text{ветр}} \times 10\% = 16\,120\,000 \text{ кВт} \times 10\% = 1\,612\,000 \text{ кВт}.$$

На основании расчетов, приведенных выше, можно легко пересчитать полученную мощность на внедряемые установки согласно их номинальной (заявляемой) мощности. При подсчетах необходимо иметь в виду следующие особенности размещения ВЭУ в городских условиях:

часть ВЭУ будет находиться в аэродинамической тени зданий (сооружений) и поэтому выдаст меньшую мощность;

часть ВЭУ будет находиться на высоте нескольких десятков метров, что внесет положительные коррективы, т.е. выдаваемая мощность будет больше, т.к. скорость ветра увеличивается на 10% с подъемом на 10 м.

В упрощенном виде при подсчете, например, возможного числа ветроустановок мощностью 3 кВт потенциальный рынок для их внедрения составляет 1 612 000 кВт / 3 кВт = 537 000 шт. Потенциальный рынок 10-киловаттных установок составляет минимум 162 тысячи единиц.

**Ключевые слова:** ветроэнергетические установки с вертикальной осью вращения, стандарты размещения ветроустановок, социальные, экономические и правовые аспекты размещения, баланс потребления электроэнергии, рынок ветроэнергетики

ЛИТЕРАТУРА

1. Соломин Е.В. Сайт ООО «ГРЦ-Вертикаль». www.src-vertical.com. Челябинск. 2007
2. Жуков Д.Д., Лаврентьев Н.А. Энергию ветра — на ветер? // Архитектура и строительство. №5. 1999
3. Безруких П.П. Использование энергии ветра. М.: Колос. 2008
4. Требования Ллойда (Germanischer Lloyd Requirements). Евростандарт по ветроустановкам. (<http://www.gl-group.com/industrial/glwind/3780.htm>)
5. Сайт «Эксперт on-line». <http://www.expert.ru/printissues/expert/2003/29/29ex-nauka3/print>. Москва. 2007

6. Барановский А.К. О ходе реализации основных направлений энергосбережения в Челябинской области. ФГУП «Энергосбережение» // Доклад на секции кафедры «Электротехника» ЮУрГУ 17.04.2008
7. ОАО «РусГидро». Сайт РАО. <http://www.rushydro.ru/>
8. Гельман М. Как в РАО «ЕЭС» собирают дань с потребителей. Сайт «Промышленные ведомости». 2006. №5. <http://www.promved.ru/articles/article.phtml?id=812&nomer=29>
9. Затопляев Б.С., Редько И.Я. Место малой энергетики в энергетическом балансе России // Малая Энергетика. М.: ОАО «НИИЭС». №1. 2004
10. Интернет-журнал «Строительство и архитектура» №10. [http://revolution.allbest.ru/construction/00017067\\_0.html](http://revolution.allbest.ru/construction/00017067_0.html) 2007

## МЕТОДИКА БАЛАНСИРОВКИ РОТОРА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ

*Киричничкова И.М., д.т.н., Челябинск, ЮУрГУ, Соломин Е.В., к.т.н.,  
ООО «ГРЦ-Вертикаль», г. Миасс*

К началу XXI века ветроэнергетика выделилась в отдельную отрасль альтернативной энергетики на основе возобновляемых источников энергии. Несмотря на ряд очевидных неоспоримых достоинств, ветроэнергетические установки (ВЭУ) не лишены недостатков и в той или иной степени оказывают негативное влияние на окружающую среду. Основным источником такого влияния являются вибрационные колебания, генерируемые компонентами ветроэнергетической установки в процессе работы под действием возмущающих аэродинамических и инерционных сил и моментов. Особенно опасны резонансы возмущающих силовых воздействий и собственных колебаний компонентов ВЭУ, возникающие при дисбалансе ротора и приводящие к разрушению установки. Эти вибрации воздействуют на близлежащие здания и сооружения, снижают их прочность и устойчивость, могут стать причиной разрушения трубопроводов, подземных коммуникаций и других окружающих инженерных сооружений. Под действием вибрации происходит эрозия почвы, переселение животных и птиц, в ряде случаев наблюдается ухудшение самочувствия людей, проживающих за многие километры от места расположения ветроустановки.

Учитывая эту тенденцию и недостаточную изученность вибрационных свойств выпускаемых промышленностью ветроустановок, особенно с вертикальной осью вращения, разработка методов снижения вредного и, в ряде случаев, опасного воздействия общей вибрации, генерируемой ВЭУ,

является актуальной и приобретает особое значение. При этом одной из главных задач остается обеспечение максимальной безопасности ВЭУ с точки зрения воздействия вибрации на окружающие объекты.

ООО «ГРЦ-Вертикаль» (далее ГРЦВ) является одним из ведущих российских разработчиков вертикально-осевых ветроэнергетических установок (рис. 1). Подробности см. на сайте [www.src-vertical.com](http://www.src-vertical.com).



Рис. 1. Ветроэнергетические установки ООО «ГРЦ-Вертикаль»

Особенностью вертикально-осевых ветроустановок является то, что их работа не зависит от направления ветра и поэтому в целом их производительность выше, чем у горизонтально-осевых. Однако при вертикальном расположении оси вращения встает другая проблема, связанная с механическим ослаблением компонентов (или люфтом), которое будет проявляться в спектре вибрации всегда в той или иной степени. Причина этого явления проста — в агрегате с горизонтальным валом ротор прижат к подшипнику собственным весом, что является стабилизирующим фактором, требующим для возбуждения вибраций значительной возбуждающей силы, соизмеримой с ве-

сом ротора. При вертикальном расположении ротора агрегата для возбуждения вибраций достаточно небольших усилий. Этот недостаток в основном и является той причиной, по которой вертикально-осевые ветроустановки не нашли своего должного применения. Решение этой проблемы отражено в настоящей статье.

Принцип балансировки, разработанный в ГРЦВ, основывается на регистрации и устранении вибрационных колебаний ротора [1]. Методика вибробалансировки ротора ветроустановки основывается на принципе вибробалансировки соосных винтов вертолетов, применяемых рядом авиастроительных предприятий России.

#### Варианты вибробалансировки

##### 1. Виброиспытания с помощью портативного прибора

Ротор ВЭУ устанавливается на технологическую опору типа «гусь». Источником ветрового потока может служить генератор ветра. Датчики вибрации ставятся на основание ступицы ротора (рис. 2).

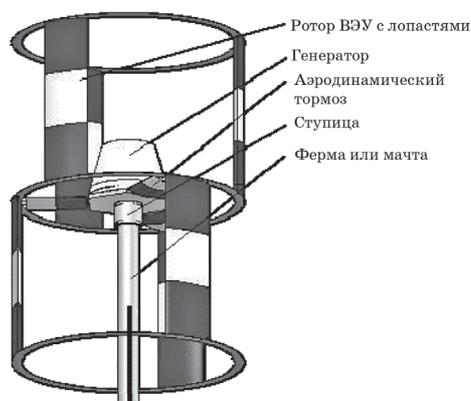


Рис. 2. Схема ротора ветроэнергетической установки ГРЦВ

Замеры вибрации выполняются последовательно на частотах вращения 80 об/мин и 150 об/мин (т.е. S номинала и номинал).

Для замера вибраций и балансировки ротора служит портативный прибор для вибрационных измерений, созданный на базе карманного компьютера NI CF-6004. Прибор регистрирует вибрационные сигналы по нескольким каналам совместно с данными от датчика оборотов и каналом температуры.

Используемое программное обеспечение Compact Flash. Измерительная плата NI CF-

6004 (рис. 3) обеспечивает ввод до четырех аналоговых сигналов с разрешением 14 бит и частотой оцифровки до 132 тысяч отсчетов в секунду совокупно по всем каналам. Четыре многофункциональные цифровые линии ввода/вывода могут использоваться для управления внешними устройствами, цифрового ввода или синхронизации аналогового ввода с внешним цифровым сигналом.



Рис. 3. Портативный прибор для вибрационных измерений на базе карманного компьютера NI CF-6004

Совместно с дополнительным блоком согласования сигналов программное обеспечение прибора позволяет в реальном времени вводить два вибрационных сигнала от стандартных ICP (ICP) акселерометров и сигнал датчика оборотов с частотой оцифровки до 25600 Герц.

Эти данные представляются на экране прибора либо в виде сигнала, либо в виде спектра мощности по одному из каналов на выбор оператора. Благодаря возможности платы автоматически запускать оцифровку при изменении сигнала от датчика оборотов, прибор может регистрировать вибрации синхронно с вращением вала исследуемого механизма.

Прибор позволяет записать в память фрагмент сигнала длительностью до трех минут. Записи накапливаются в базе данных и могут быть в любое время воспроизведены прибором или переданы на ноутбук или настольный компьютер для детального анализа. При воспроизведении записи прибором можно проводить простые измерения по сигналу и спектру с помощью курсоров.

Применение измерительного модуля NI cRIO 9233 совместно с модулем BlueRIO

обеспечивает ввод в карманный компьютер до четырех каналов виброускорения с совокупной частотой оцифровки до 10 000 Герц для 16 битных или 7000 Герц для 24 битных данных. Беспроводной ввод данных не только делает процесс изменения гораздо более удобным, но и позволяет реализовать исследования подвижных и вращающихся объектов, что часто просто невозможно сделать с помощью проводов.

При разработке прикладных программ используется программное обеспечение Microsoft eMbedded Visual C++.

В ходе вибрационных испытаний готовой продукции или прототипов выполняется ряд шагов, требующих определенных алгоритмов работы стендового оборудования и обработки результатов измерений.

## 2. Виброиспытания с помощью стенда на основе компьютера

Современные измерительные технологии позволяют создать гибкую систему управления стендовым оборудованием и измерения параметров испытуемого изделия на основе стандартных аппаратных решений и мощного программного обеспечения. На рис. 4 показана обобщенная функциональная схема автоматизированной системы виброиспытаний.

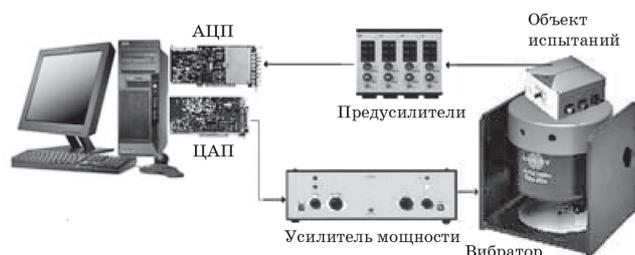


Рис. 4. Схема автоматизированной системы виброиспытаний

В большинстве случаев единственным специализированным аппаратным устройством, привязанным к конкретному стендовому оборудованию, является усилитель мощности, обеспечивающий работу виброобъекта. Все остальные функции, такие как генерация сигналов возбуждения, обработка и анализ вибросигналов с объекта испытаний, ведение Баз данных, формирование отчетной документации и т.д. принимает на себя ПК с соответствующими устройствами ввода/вывода и специализированным программным обеспечением. В случае ВЭУ вибрации исходят от объекта, который расположен не в лаборатории, а в

полевых условиях. Таким образом, несмотря на явное преимущество данной схемы испытаний перед предыдущей, ее использование может быть затруднено в связи с невозможностью эксплуатации оборудования.

Система может комплектоваться устройствами ввода/вывода фирмы National Instruments в формате PCI/PXI как для решения задач собственно виброиспытаний, так и для расширенной диагностики функционирования испытуемых изделий. Аппаратная часть реализована на базе оборудования National Instruments NI 4472/4474, NI 6711, NI 6024E. Программное обеспечение системы работает на базе прикладных программ National Instruments LabVIEW и включает в себя набор виртуальных приборов, в том числе:

вибротест — возбуждение объекта синусоидальным или шумовым сигналом задаваемых параметров в ручном режиме;

вибропрочность — управление вибростендом и измерение заданных вибрационных параметров в автоматическом и ручном режимах по создаваемым оператором программам испытаний на виброустойчивость и вибропрочность.

вибротест СШВ — управление вибростендом и измерение заданных шумовых вибрационных параметров по создаваемой оператором программе;

виброрезонанс — управление вибростендом и измерение заданных вибрационных параметров в автоматическом и ручном режимах по программам испытаний определения резонансов.

Реализация автоматизированной системы виброиспытаний по технологии «виртуальных приборов» позволяет:

минимизировать количество используемой аппаратуры, повысить надежность функционирования системы;

автоматизировать весь процесс решения задачи, увязав единым алгоритмом процесс генерации сигналов возбуждения и анализа соответствующих им вибрационных откликов;

избавиться от субъективизма оценок и ошибок в действиях операторов;

сформировать автоматизированную базу данных испытаний;

обеспечить формирование и выпуск оперативной и отчетной документации по результатам испытаний;

обеспечить удобный пользовательский интерфейс, наглядное представление хода и результатов испытаний;

обеспечить гибкость системы в адаптации к алгоритмам и особенностям испытаний конкретных типов изделий.

### Эксперимент

Полевые вибрационные испытания и соответствующая весовая балансировка ротора экспериментальной шестилопастной двухъярусной ветроэнергетической установки мощностью 3 кВт (ВЭУ-3) производства ГРЦВ были проведены 1 – 4 июля 2008 г. на базе цеха №42 ОАО «Кумертауское авиационное производственное Предприятие» (рис. 5). Данные эксперимента представлены без учета поправки на текущую ветровую обстановку, которая не превышала в период испытаний 2 – 3 м/с. Влиянием данной обстановки принято решение пренебречь, т.к. ротор стартует (страгивается) при расчетной скорости 3,5 м/с (реально 3,3 – 3,7 м/с), т.е. скорость ветра является ничтожно малой по отношению к источнику ветра.



Рис. 5. Полевые виброиспытания ВЭУ-3 (шестилопастная, двухъярусная).

Данная методика позволяет балансировать ротор только в плоскости среднего кольца, т.е. фактически является статической и не позволяет провести пространственную динамическую балансировку ротора.

Ротор ветроустановки был установлен на технологическую опору типа «гусь», закрепленную на асфальтовой площадке и являющуюся жесткой опорой. Источником ветра служил пропеллер базовой модели мотодельтаплана. Замеры вибрации выполнялись на частотах вращения 80 – 150 об/мин прибором К-4102, также измеряющим частоту вращения ротора.

Виброиспытания и последующая балансировка ротора проводились по нижеописанной методике.

На нижнюю неподвижную часть ступицы помещается датчик Холла для измерения оборотов ротора и вибродатчик для измерения вибрации. На среднее горизонтальное кольцо ветроустановки помещается магнит массой 5 г, не оказывающий существенного влияния на баланс ротора установки. Эта система позволяет регистрировать скорость (частоту) вращения ротора в об/мин. Вибродатчик соединен кабелем с портативным прибором для вибрационных измерений К-4102 на базе карманного компьютера NI CF-6004. Программное обеспечение прибора в реальном времени фиксирует вибрационный сигнал от стандартного IERE (ICP) акселерометра и сигнал датчика оборотов.

Эти данные представлены на экране прибора в виде сигнала. Через интерфейс данные могут быть переданы на компьютер, представлены по желанию в виде различных зависимостей и спектров. Благодаря возможности платы автоматически запускать оцифровку при изменении сигнала от датчика оборотов, прибор регистрирует вибрации синхронно с вращением вала исследуемого ротора.

Испытание проводилось в два этапа на одной и той же скорости вращения ротора:

измерение вибрационных колебаний ротора без провоцирующего груза;

измерение вибрационных колебаний ротора с провоцирующим грузом, установленным на среднем кольце ротора.

На основании проведенных операций прибор выдает рекомендацию о массе груза, который необходимо поместить на среднее кольцо, а также угол, на котором будет находиться этот груз, с отсчетом от установленного провоцирующего груза по часовой стрелке.

Прибор регистрирует входящие сигналы и формирует график зависимости вибросмещения в микронах (мкм) от времени (сек). Из графика (рис.6) видно, что с момента начала измерений вибрационные колебания не выходят за уровень допустимых.

Допустимые колебания данного ротора согласно прочностным исследованиям и требованиям к прочности находятся в пределах  $R_{рот}/100$  или  $1700 \text{ мм} / 100 = 17 \text{ мм}$ . Максимальная (пиковая) амплитуда до 62-ой секунды измерений составляет 3,4 мм



Рис. 6. Показания прибора без груза на роторе ВЭУ

(3400 мкм), т.е. удовлетворяет прочностным требованиям.

Растущую со временем в течение эксплуатации установки амплитуду вибросмещения необходимо свести к минимуму с помощью вибробалансировки ротора согласно применяемой методике. Результаты эксперимента говорят о том, что на разных частотах вращения ВЭУ требуются различные массы груза и углы установки, что подтверждается и физическими представлениями. При малой скорости вращения ротора для сдвига центра масс в его геометрический центр требуется меньшая масса, нежели чем на высокой скорости. При возрастании частоты вращения центробежная сила  $F_{цб} = m\omega^2 R$  возрастает,

за счет чего необходим больший груз для приведения центра масс.

Поскольку на разных частотах вращения ротора балансировочные грузы должны быть разными, на практике необходимо проводить балансировку ротора на рабочих частотах вращения, которые более вероятны для конкретного региона, где предполагается размещение ВЭУ. Это позволит свести к минимуму влияние вибрации на остальных частотах вращения [2].

Для более точной балансировки требуется пространственная динамическая балансировка для приведения центра масс в геометрический центр конструкции, что является достаточно сложной технико-математической задачей.

**Ключевые слова:** ветроэнергетическая установка с вертикальной осью вращения, вибрации, весовая балансировка ротора, виброиспытания

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет ООО «ГРЦ-Вертикаль» по Проекту МНТЦ. Миасс. Челябинская обл. 2003
2. Отчет ФГУП «КумАПП» по виброиспытаниям и весовой балансировке ВЭУ-3. 2008

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЕКТНОГО МЕХАНИЗМА «СОВМЕСТНОГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ» КИОТСКОГО ПРОТОКОЛА В ГИДРОЭНЕРГЕТИКЕ

*Кристиан Штайнрайбер, Мария Ситкарева, при участии Микеле Лауренчич,  
Pöyry Forest Industry Consulting, Финляндия*

В ходе встречи на высшем уровне «Планета Земля» (Рио-де-Жанейро, 1992 г.) представители 161 страны подписали Рамочную Конвенцию ООН по изменению климата (РКИК) с целью установления ответственности Сторон за достижение целей конвенции. Промышленно развитые страны (страны ОЭСР, включая Российскую Федерацию) получили определенные обязательства по внедрению мер регулирования, направленных на сокращение и ограничение выбросов парниковых газов относительно уровня 1990 г., а также содействию передачи технологий развивающимся странам и оказания им поддержки в части адаптации и повышения компетентности в решении проблем изменения климата.

### **Киотский Протокол и предусмотренные им механизмы**

Киотский Протокол (1997 г.) и Марракешские соглашения являются юридическими дополнениями к РКИК ООН. Киотский Протокол закрепляет за промышленно развитыми странами юридическое обязательство по сокращению в течение 2008 – 2012 гг. коллективных выбросов шести парниковых газов, главным образом,  $\text{CO}_2$ , образующегося в результате сжигания органического топлива, на 5% по сравнению с уровнем 1990 г.

Наряду с другими юридическими документами, Киотский Протокол также предусматривает введение следующих механизмов для проектов, ведущих к сокращению выбросов парниковых газов.

Механизм «Совместного осуществления» (СО) предусматривает реализацию проектов СО, нацеленных на сокращение выбросов парниковых газов во всех секторах экономики развитых стран.

Механизм «Чистого Развития» (МЧР) регулирует реализацию проектов в развивающихся странах.

Марракешские Соглашения (2001 г.) зафиксировали процедуры реализации механизмов Киотского Протокола, например, приведены описания типов единиц торговли сокращениями выбросов в пересчете на тонну выброса эквивалента  $\text{CO}_2$ :

ЕСВ — единица сокращения выбросов — единица учета сокращений выбросов, полученных в результате проектов СО.

ССВ — сертифицированное сокращение выбросов — единица учета сокращений выбросов, полученных в результате проектов МЧР.

### **Совместное осуществление**

В рамках проекта СО промышленно-развитое государство или компания участвует в финансировании проекта по защите климата, выполняемого в другом промышленно-развитом государстве посредством приобретения полученных в результате проектной деятельности ЕСВ. На практике проекты СО преимущественно выполняются в странах с экономической переходного типа, где существуют большие возможности для достижения сокращения выбросов с меньшими издержками.

До настоящего момента количество проектов СО было значительно меньше проектов МЧР. Общий портфель проектов включает 5000 проектов МЧР и только 200 проектов СО, достигнувших этапа детерминации. Такая ситуация во многом объясняется наличием более сложных рамочных условий в потенциальных странах СО. ЕСВ, полученные в результате проекта СО, вычитаются со счета компании в национальном реестре страны реализации проекта (например, России) во избежание двойного учета.

Как видно из нижеприведенного графика, примерно половина всех проектов СО разрабатывается в России, далее следуют Украина и Болгария (рис. 1).

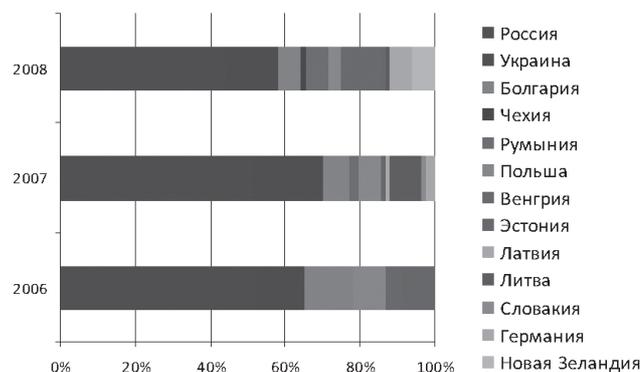


Рис. 1. Источник: UNEP Risoe, февраль 2009 г.

**Проекты СО после 2012 г.**

Юридическая основа проектов СО в настоящее время ограничена сокращением выбросов до 2012 г. Будущее проектов СО после 2012 г. будет определено новым международным соглашением, которое, как ожидается, будет подписано в ходе Конференции ООН по изменению климата в Копенгагене, запланированной на декабрь 2009 г. До определения новой юридической основы дополнительный выигрыш от проектов СО после 2012 г. может учитываться в ТЭО для ГЭС только с учетом высокой степени риска его получения.

Уже сейчас очевидно, что потенциальные покупатели ЕСВ найдутся и после 2012 г. В декабре 2008 г. ЕС принял решение ввести обязательный минимальный 20%-ный уровень сокращения выбросов до 2020 г., по сравнению с уровнем 1990 г., независимо от международного соглашения. В случае подписания нового глобального соглашения по изменению климата на период после 2012 г., это целевое значение может быть увеличено до 30%. В свою очередь, для электростанций и энергоинтенсивных предприятий целевой показатель сокращения выбросов составит 21% до 2020 г. относительно выбросов 2005 г. В целях достижения ежегодных целевых показателей в период 2013 – 2020 гг., страны-члены ЕС и европейские компании смогут воспользоваться ССВ и ЕСВ от проектов МЧР и СО. Свое намерение участвовать в данном процессе сегодня демонстрируют и другие страны, менее активные на первом этапе действия Протокола. Это относится, например, к США и Австралии, которые оказывают серьезное воздействие на углеродный рынок с точки зрения спроса. Крупные развивающиеся страны, например, Китай, Индия и Бразилия, доля которых в мировых выбросах CO<sub>2</sub> постоянно возрастает, не намерены вводить ограничения в процессе своего экономического развития и в настоящее время очень осторожно подходят к вопросу принятия обязательств по сокращению выбросов CO<sub>2</sub>. Согласно заявлениям Президента РФ, на последнем совещании стран Большой восьмерки в Италии (2009 г.) аналогичную позицию занимает и Россия.

**Рамочные условия проектов СО в России**

Российский рынок характеризуется значительным потенциалом развития проектов СО в силу значительной потребности в инве-

стициях, а также высокой энергетической и углеродной емкости промышленности. Источником примерно 81% от общего объема выбросов ПГ в России является топливно-энергетический комплекс, где 85% выбросов образуется в результате сжигания топлива. С учетом довольно слабой экономической и нормативно-правовой мотивации предприятий страны по инвестированию в совершенствование технологий и улучшение эффективности работы, механизм СО является важным стимулом для соответствующих инвестиционных инициатив (рис. 2).

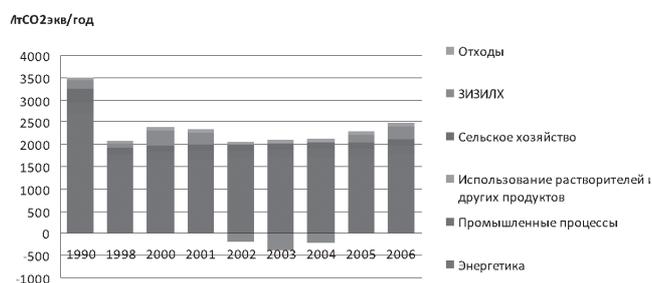


Рис. 2. Источник: Национальный доклад РФ

Процесс нормативной разработки и утверждения проектов СО в России не был безоблачным. Даже, несмотря на существование нормативной базы, необходимой для регистрации проектов, для должной интеграции в более широкий контекст экологической ответственности СО в России потребуется время и приобретение практического опыта. Теоретически, существующие нормы позволяют разрабатывать проект СО параллельно с обычным проектом (см.рис. 4).

Но на практике ситуация оказывается более сложной. Когда дело доходит до утверждения и регистрации проекта на национальном уровне, т.е. реализации проекта, инвестор/владелец проекта вынужден пройти ряд бюрократических этапов. Инвестор подает свою заявку в координационный центр по подготовке к утверждению проектов, т.е. в Министерство экономического развития (МЭР). МЭР проверяет документацию и либо возвращает заявку, либо направляет проектную документацию на анализ в отраслевые ведомства, к которым относится проект. Отраслевые ведомства проводят анализ проектной документации и либо запрашивают разъяснительную и дополнительную информацию, либо принимают свое положительное/отрицательное решение. На практике

это может потребовать подготовку дополнительной проектной документации и привести к замедлению реализации проекта. Если проект получает положительный отзыв отраслевых ведомств, МЭР направляет его на рассмотрение Комиссии по рассмотрению заявок об утверждении проектов СО (Комиссия) для предварительного утверждения. Как правило, Комиссия самостоятельно определяет график своей работы, в то же время заседания должны проводиться не реже одного раза каждые полгода. После получения предварительного утверждения перечень проектов, рекомендованных для регистрации, направляется в правительство РФ для окончательного утверждения и регистрации. Проекты проходят регистрацию решением правительства РФ не чаще одного раза в квартал.

Наряду с неполнотой и ограничительным характером норм, бюрократизированный процесс утверждения проектов в настоящее время вносит наибольшую неопределенность для участников проектов. В более широком контексте это вызывает отторжение пороговых по прибыльности инвестиций и уход основного потока капиталовложений из России на конкурирующие рынки, например, в страны, реализующие проекты МЧР.

К вышеуказанным препятствиям также относится предельный уровень сокращения выбросов. В 2007 г. МЭР выпустило приказ, в соответствии с которым максимальный национальный уровень сокращения выбросов, достигнутых в результате проектов СО, за период 2008 – 2012 гг. должен составить 300 млн. т<sup>1</sup> CO<sub>2</sub>. Общий объем сокращений жестко распределен между основными секторами источников выбросов.\* В приказе не уточняется, есть ли возможность превышения этого ограничения. В то же самое время, наряду с ограничением периодом 2008 – 2012 гг., это обстоятельство ограничивает выход на рынок проектов СО в России новых участников. Наряду с другими вопросами, на этапе разработки проекта стоит упомянуть «типовые целевые показатели эффективности проекта и их предельные значе-

ния». Неполное нормативное формулирование этих показателей приводит к разногласиям между участниками проектов и отраслевыми ведомствами. Вопросы налогообложения деятельности в рамках СО вызывает беспокойство местных компаний.

Более совершенная законодательная база могла бы способствовать лучшему продвижению углеродного финансирования в России и, следовательно, постепенному, хотя и не окончательному, переходу к более экологически чистому, инновационному бизнесу с эффективным использованием ресурсов. Экологически устойчивое развитие, часто понимаемое в России как филантропия, на практике может быть напрямую связано с повышением эффективности бизнес-процессов посредством СО. «Рёгу» обладает опытом развития различных проектов в России, где углеродное финансирование было единственным фактором, побуждающим владельцев проекта приступить к усовершенствованию технологий производственных процессов, что в свою очередь обеспечивало положительный экологический эффект. В перспективе такой опыт мог бы стать стимулом развития более конкурентоспособной экономики с соответствующими финансовыми и социальными преимуществами.

Помимо бюрократии, замедляющей реализацию проектов, есть и другие факторы, которые необходимо принимать во внимание при оценке рисков реализации проектов.

Одним из факторов, негативно влияющих на график реализации проектов СО, является все еще слабая экологическая обеспокоенность местных компаний, особенно в регионах. Изобилие ресурсов во многих областях страны усложняет внедрение любых технологических изменений в силу низких операционных издержек в базовом сценарии. Сегодня эта ситуация стала еще более сложной по причине финансового кризиса, когда из-за нехватки средств были приостановлены некоторые программы модернизации, запланированные крупными промышленными компаниями.

<sup>1</sup>Приказ МЭРТ РФ от 30 ноября 2007 г. №422 «Об утверждении лимитов величины сокращения выбросов парниковых газов» устанавливает следующие лимиты сокращения выбросов парниковых газов по секторам источников (в млн. т. CO<sub>2</sub>-эквивалента): энергетика — 205; промышленные процессы — 25; использование растворителей и других продуктов — 5; сельское хозяйство — 30; отходы — 15; лимит абсорбции парниковых газов за счет землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства — 20.

Несмотря на проблемы, на веб-сайте Секретариата РКИК ООН отмечается определенный интерес как российских, так и международных компаний к процессу СО. Перечислено свыше 80 проектов СО, запланированных в России, включая 31 проект с общим сокращением выбросов около 85 млн.т CO<sub>2</sub>-экв., на регистрацию которых уже поданы заявки. К таким проектам в основном относятся проекты по предупреждению утечек метана в системах газораспределения, перевод оборудования на более чистый вид топлива, утилизации свалочного газа, факельного газа и шахтного метана, меры по энергосбережению, сокращению выбросов закиси азота, утилизации гексафторида серы и фреона-23.

Несмотря на теоретически значительный потенциал сокращения выбросов, электроэнергетический сектор промышленности все еще занимает незначительную долю в общем портфеле проектов СО. В этой статье мы хотели бы показать, каким образом углеродное финансирование может поддерживать различные проекты в гидроэнергетике, а дополнительная прибыль, полученная за счет продажи ЕСВ, может существенно способствовать финансовой самоокупаемости проекта.

По сравнению со всеми остальными возобновляемыми источниками энергии, технологии ГЭС малой мощности демонстрируют наибольший потенциал сравнительно быстрого и широкого распространения в России. Это обусловлено следующими двумя основными факторами: местные гидроресурсы и комплексная инженерная экспертиза на местах. По оценкам ОАО «Рус-Гидро», теоретическая совокупная выработка ГЭС малой мощности в России может достигать 1105,6 ТВт·ч/год, а техническая — 357,1 ТВт·ч/год. В европейской части территории России ведущую роль занимает Южный Федеральный округ, за ним следуют Северо-Западный и Уральский Федеральные округа. Абсолютное лидерство по этому показателю удерживают Сибирский и Дальневосточный Федеральные округа.

**Разработка гидроэнергетических проектов по формату СО — опыт реализации и факторы успеха**

В настоящее время гидроэнергетические проекты очень успешно ведутся в рамках механизма чистого развития в развивающихся

странах. Зарегистрировано свыше 300 проектов ГЭС с использованием МЧР, а около 850 аналогичных проектов находятся в планах разработки.

Число проектов СО значительно меньше, чем проектов МЧР. Начиная с 2006 г., только 10 проектов ГЭС было разработано с использованием механизма СО, включая три проекта в России. Есть несколько причин, объясняющих такой низкий показатель численности проектов СО. В силу наличия в ЕС Системы Торговли Выбросами (СТВ ЕС) в энергетическом секторе практически отсутствует возможность разработки проектов СО. Таким образом, Россия и Украина остаются единственными потенциальными странами, на территории которых можно реализовать проекты СО в гидроэнергетике, однако, недостаточно развитое регулирование деятельности в рамках Киотского Протокола в этих странах в последние годы замедляло разработку таких проектов (рис. 3).

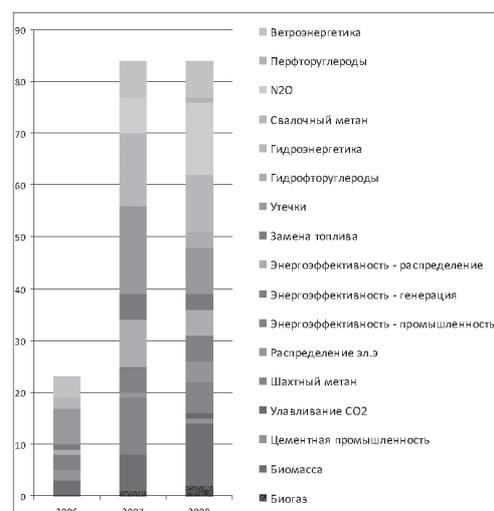


Рис. 3. Источник: UNEP Risoe, февраль 2009 г.

Проекты СО можно разрабатывать либо по утвержденной (апробированной) методологии МЧР, либо путем создания собственной методологии для проекта. Первый вариант является предпочтительным, так как во втором случае возникает дополнительный риск более тщательной проверки проекта независимым валидатором.

Для ГЭС имеются следующие утвержденные методологии МЧР:

Методология МЧР для ГЭС малой мощности, применяемая для проектов строительства новых генерирующих мощностей на ВИЭ для установок мощностью менее 15 МВт.

Методология МЧР для ГЭС большой мощности, применяемая для проектов строительства новых генерирующих мощностей на ВИЭ для установок мощностью более 15 МВт.

Зачастую несколько проектов ГЭС малой мощности объединяются в группу и рассматриваются в рамках одной проектной документации СО. Если мощность станций не превышает 15 МВт, их можно объединить в один проект СО, что существенно снижает затраты на разработку проекта.

Цикл проекта СО должен разрабатываться параллельно с циклом обычного проекта, как видно из следующей схемы (рис. 4).

Для разработки проектов СО мы рекомендуем двухэтапный подход. Записка об «Идее Проекта» («углеродное пред-ТЭО») предусматривает анализ проекта с целью определения квалификационных критериев (критериев соответствия) и возможных выгод от осуществления проекта СО. Записку об «Идее Проекта» можно использовать при обсуждении с национальными органами или возможными покупателями ЕСВ.

Национальная и международная законодательная базы СО претерпевали неоднократные и существенные изменения в прошлые годы. Поэтому, в случае продления графика проекта по строительству ГЭС, су-

ществует риск возникновения необходимости в обновлении документации СО с тем, чтобы адаптировать ее к новым требованиям и методологии. Приходится снова размещать информацию о проекте для комментариев заинтересованных лиц и т.д. Некоторые страны СО недавно начали выпускать «Письма о поддержке и Утверждения проектов СО», действительные только в течение определенного периода. Поэтому мы настоятельно рекомендуем вести разработку проекта СО без промедления.

Мы также рекомендуем разработчикам проектов (владельцам объектов) разрабатывать стратегию продажи ЕСВ совместно с экспертами по проектам СО. С одной стороны, определение покупателя и цены в самом начале проекта СО обычно улучшает приемлемость инвестиций для банка, так как снижает проектные риски, а зачастую покупатель ЕСВ готов взять на себя затраты по разработке проектов СО. С другой стороны, если вы предпочитаете продавать ЕСВ на более поздней стадии проекта, вы можете получить более высокую рыночную цену, соотношенную с уровнем цен в СТВ ЕС.

Для проектов СО/МЧР по строительству ГЭС мощностью свыше 20 МВ возможность использования ЕСВ в СТВ ЕС требует дока-

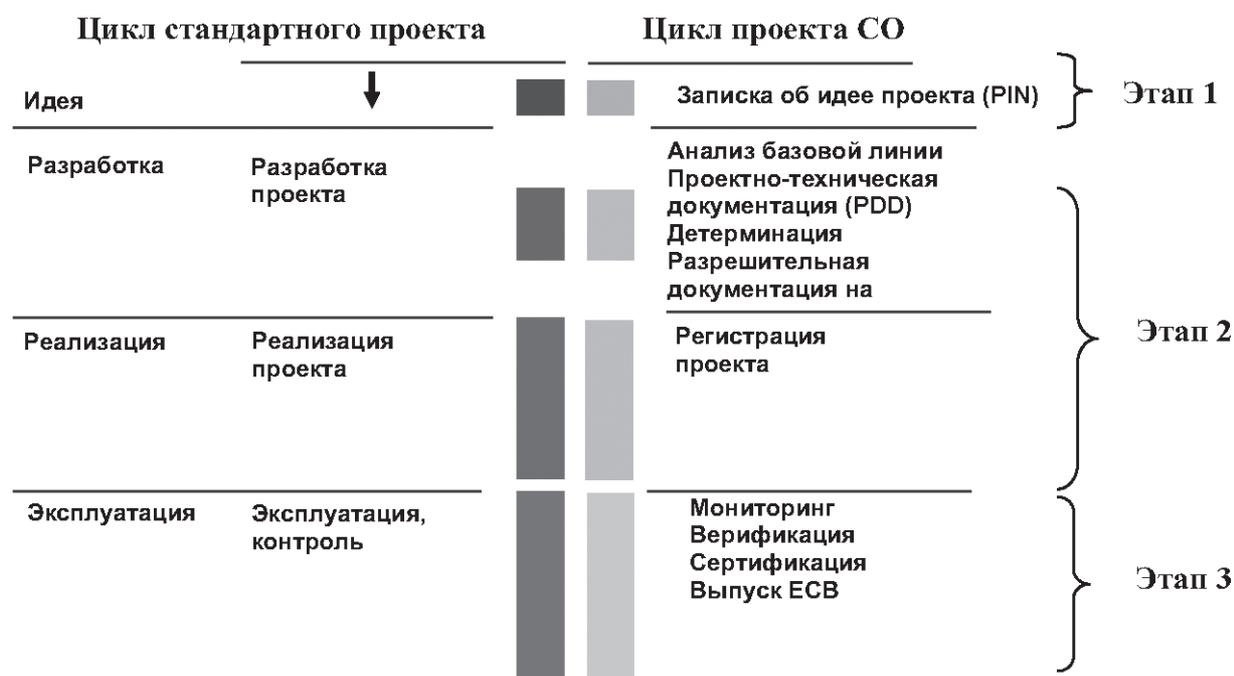


Рис. 4. Сравнение цикла стандартного проекта с циклом проекта «Совместного Осуществления».

Источник: «Рёугу»

зательства соответствия проектов международным руководствам, например, рекомендациям Всемирной комиссии по плотинам (WCD).

Рынок углеродных выбросов характеризуется высокой изменчивостью. Например, текущие рыночные цены на квоты в СТВ ЕС менее 10 EURO/т CO<sub>2</sub> намного ниже отметки в 25 – 30 EURO, за которую эти квоты торговались еще полгода назад. Следовательно, очень важно знать прогноз цен на ЕСВ. Разработанная «Рёугу» модель цен на квоты CO<sub>2</sub> учитывает все важные рынки ЕСВ.

Вторым шагом проекта СО является разработка проектно-технической документации (ПТД), где более подробно освещаются все вопросы СО. Среди наиболее важных задач можно отметить следующие:

*а. Сбор данных*

Доступность или недоступность исходных данных является ключевым фактором, определяющим успех или неудачу проекта. Проекты по гидроэнергетике могут претендовать на ЕСВ, поскольку ГЭС заменяют электростанции на органическом топливе и, следовательно, в сети сокращается доля электроэнергии, при производстве которой имели место выбросы CO<sub>2</sub>. Для расчетов сокращений выбросов вследствие эксплуатации ГЭС необходимо иметь подробные данные по топливу и энерговыработке для всех электростанций, подключенных к одной и той же энергосети. В некоторых странах (например, Индии) уже существует официальная опубликованная база данных, которая постоянно обновляется национальными регулирующими органами. В России такая общедоступная база данных отсутствует.

*б. Доказательство дополнительной*

Определение «дополнительности» проекта СО является одним из ключевых этапов разработки проекта. По сути, речь идет об оценке возможности разработки проекта без использования механизма «совместного осуществления». Разработчики проекта должны объяснить, каким образом и почему данный проект не может быть реализован по сценарию развития бизнеса в обычных условиях (*business-as-usual*). Существует стандартизированная процедура оценки и обоснования дополнительной. Основные проблемы на данном этапе связаны с определением альтернативных сценари-

ев реализации проекта и доказательством того, что выбранный путь является непривлекательным для инвестирования без привлечения углеродного финансирования посредством СО. Это можно продемонстрировать путем анализа финансовых показателей проекта, препятствий и общепринятой практики.

Помимо этого, ПТД должна включать информацию об экологическом и социальном воздействии проекта и проведение участниками проекта открытых консультаций.

Окончательный вариант ПТД направляется независимому валидатору, который должен проверить проект и подготовить отчет о детерминации. В силу возросшего количества проектов СО и МЧР валидаторы в последнее время стали заметным препятствием на пути завершения подготовки проектов ввиду острого дефицита персонала. Этот риск можно снизить за счет заключения рамочных соглашений с двумя или более валидаторами. Важно заранее проверить подтвержденный опыт работы валидатора с учетом страны и практики оценки аналогичных проектов (например, в области гидроэнергетики в странах СНГ).

После детерминации проекта независимым валидатором остается пройти последние официальные этапы и зарегистрировать данный проект СО.

После физического завершения строительства ГЭС каждый выработанный кВт·ч электроэнергии приводит к появлению дополнительного дохода в рамках проекта СО. Необходимым условием является проведение измерений и расчетов достигнутых сокращений выбросов на основании описанного в ПТД плана мониторинга. Любые отклонения могут привести к снижению конечного количества ЕСВ от проекта или поставить в рискованное положение весь проект СО. Следовательно, очень важно описать запланированную концепцию мониторинга в ПТД наиболее четким и подробным образом.

**Примеры различных проектов ГЭС, осуществленных по механизмам СО и МЧР**

В настоящее время разрабатываются многочисленные проекты СО и МЧР в области гидроэнергетики. Ниже кратко описаны три различных гидроэнергетических проекта СО/МЧР, разработанных «Рёугу». Очевидным преимуществом в проектной деятельно-

сти является возможность «Рёугу» комбинировать качественную экспертизу по разработке проектов СО/МЧР с инженерной экспертизой в области гидроэнергетики.

**Проект МЧР Дагачху (CDM Dagachhu), русловая ГЭС 114 МВт, Бутан**

Проект Дагачху предусматривает строительство русловой ГЭС в Бутане. Гидроэнергетический проект включает следующие основные компоненты: здание станции, напорный водовод, уравнительную шахту, напорный туннель, отстойник, водозабор и ЛЭП 220 кВ. Здание станции располагается примерно в 11,5 км вверх по течению от слияния рек Дагачху и Пунатсангхчу. Водозабор находится в 8,8 км вверх по течению от здания станции. Полный напор станции составляет 304 м, расчетный расход — 50 м<sup>3</sup> в секунду (максимальный расход). Суммарная мощность двух энергоблоков, оснащенных ковшовыми турбинами, составляет около 114 МВт, ожидаемая энерговыработка — 500 ГВт·ч/год. Электроэнергия будет поставляться в региональную энергосеть, объединяющую Бутан и восточную часть Индии. В результате работы ГЭС объем выбросов CO<sub>2</sub> снизится примерно на 500 000 т/год, что способно существенно улучшить рентабельность проекта. Из расчета средней цены ССВ 8 EURO/т CO<sub>2</sub> и срока проекта МЧР равного 10 годам, углеродное финансирование внесет в проект дополнительные 40 млн. EURO при общих инвестициях в проект, составляющих 150 млн. EURO.

В целях обеспечения долгосрочной устойчивой передачи ноу-хау проект МЧР предусматривает программу обучения персонала, отвечающую конкретным требованиям руководства проекта и направленную на повышение компетентности персонала в части эксплуатации и обслуживания современного гидросилового оборудования. Благодаря программе обучения становится возможным достичь экономически эффективной работы и обслуживания ГЭС, тем самым продлевая срок службы оборудования (рис. 5).

**ГЭС Сахавинотри (Sahavinotry) мощностью 15 МВт, Мадагаскар**

ГЭС Сахавинотри расположена на реке Амфарнехана и представляет собой русловую электростанцию малой мощности



Рис. 5. Источник: ПТД по проекту ЧР Дагачху

(15 МВт). Проектом запланировано использование трех новых ковшовых турбин и трех новых генераторов. Ожидаемая энерговыработка для поставки в сеть составляет 90 ГВт·ч/год. ГЭС была введена в эксплуатацию в октябре 2008 г. и подключена к региональной энергосети столицы Мадагаскара, Антананариво. Расчетная углеродная интенсивность национальной электрической сети составляет 548 т CO<sub>2</sub>/ГВт·ч произведенной электроэнергии, что ведет к получению до 50 000 т CO<sub>2</sub> годового сокращения выбросов, которое может быть верифицировано согласно Киотскому протоколу.

МЧР применим к проектам строительства электростанций малой мощности в силу их размера, упрощенной методики и процедур. Рабочие характеристики и процесс строительства ГЭС не оказывает отрицательного воздействия на экосистему. Кроме этого, проект нацелен на сохранение местного биоразнообразия за счет высаживания 40 000 деревьев на площадке электростанции (рис. 6).



Рис. 6. Источник: Рёугу Energy

*Проект СО по реконструкции ГЭС Долна Арда (Dolna Arda), Болгария*

Реконструкция каскада ГЭС Долна Арда приведет к дополнительной выработке электроэнергии в объеме около 25 ГВт·ч/год, ведущему к годовому сокращению выбросов в рамках проекта СО в размере 21 000 т CO<sub>2</sub>.

Проект предусматривает строительство нового энергоблока на ГЭС Студен Кладенец и реконструкцию и повышение энергоэффективности трех существующих ГЭС, входящих в этот каскад.

Реконструкция существующих ГЭС включает следующие составные части:

турбины — новые рабочие колеса и направляющие аппараты; новые дроссельные задвижки и регуляторы частоты вращения турбины;

генераторы — повторная изоляция обмотки ротора;

системы возбуждения генератора — новые статические системы возбуждения; релейная защита — новые цифровые системы релейной защиты;

контроль и управление — новая система контроля и управления, обеспечивающая 4 уровня управления;

электрическая часть — новые главные трансформаторы и новая шинная система в ячейках 10,5 кВ.

Использование избыточного сброса воды через плотину ГЭС Студен Кладенец будет оптимизировано за счет строительства дополнительного гидроагрегата номинальной мощностью 16 МВт на ГЭС Студен Кладенец. Дополнительно предусмотрен шестой небольшой гидроагрегат номинальной мощностью 1 МВт для переработки предусмотренного экологического попуска. Это позволит постепенно улучшить состояние экосистемы реки Арда.

**Ключевые слова:** Киотский Протокол, Рамочная конвенция ООН по изменению климата, парниковые газы, механизм совместного осуществления, механизм чистого развития, единица сокращения выбросов, сертифицированное сокращение выбросов, ГЭС, Всемирная комиссия по плотинам, проектно-техническая документация, проект Дагачху, русловая ГЭС, ГЭС Сахавинотри, каскад ГЭС Долна Арда, ГЭС Студен Кладенец

## ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКОГО ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

*Мартти Суракка, Pöyry Forest Industry Consulting, Финляндия*

Сегодня проблема биотоплива вызывает повышенный интерес с точки зрения возможности получения различных видов топлива из биомассы. Часто эти виды топлива фигурируют как биодизель или этанол — средства массовой информации не обходят их вниманием. Кроме этого, много разговоров ходит о биотопливе 2-го поколения, как топливе, не являющемся конкурентом производству продуктов питания. При этом зачастую забывают о том, что при производстве биодизеля из сои или рапсового масла получается побочный продукт — 60–75% жмыха, который является богатым белковым кормом для животноводства, а в случае с соей также и пищевым продуктом. При производстве этанола 35% зерна перерабатывается в сухую барду (DDGS по западной терминологии), которая идет на корм свиньям или крупному рогатому скоту. Поэтому вместо конфронтации стоит

говорить о нахождении баланса между производством топлива и продуктов питания.

За последние 100 лет было разработано множество технологий получения топлива, альтернативного нефти, и удовлетворения растущего спроса на биотопливо. Многие из горячо обсуждаемых сегодня тем увидели свет в лабораторных условиях еще в начале 1900 годов, когда проводились эксперименты по получению нефтепродуктов из угля. До сегодняшнего бумажного бума эти технологии активно развивались во времена нефтяного кризиса 70 годов, однако после падения цен на нефть в 80 годы эти проекты лишились своей финансовой целесообразности. Исследовательские проекты были свернуты или забыты. Неожиданный рост нефтяных цен вновь возродил интерес к альтернативным видам топлива. Частично возрождению интереса к исследованиям по биотопливу способствовал и рост озабоченности состоянием экологии, но

все же основной движущей силой по тематике биотоплива стали экономические соображения – если производство альтернативных видов топлива выгодно, то можно инвестировать в развитие этих технологий. В конце концов, никто не стал бы заниматься этой темой из чистой благотворительности.

В данной статье дается краткое представление о следующих технологиях — Фишера – Тропша, каталитической деполимеризации и технологии Каррика. Существует множество способов преобразования различных видов исходного сырья в жидкое топливо, еще больше их появится в будущем. Пока же, очевидного лидера в этом соревновании нет, однако можно выделить один существенный фактор, а именно: энергопотребление технологического процесса должно быть низким, а качество топлива должно отвечать требованиям существующих стандартов.

### Фишер – Тропш

В начале 1900 годов двумя немецкими учеными, Фишером и Тропшем, была проведена серия экспериментов по получению углеводов из угля и газа сточных вод (метана). Эти эксперименты легли в основу технологии, получившей название технология Фишера – Тропша. В годы Второй мировой

войны эта технология была широко использована немецкой промышленностью и обеспечила получение значительной доли топлива и нефтепродуктов, необходимых для ведения войны. Эти установки и заводы после войны были разрушены союзниками, но Южная Африка в период торгового эмбарго, введенного против нее и серьезно ограничившего импорт ею сырой нефти, приняла эти технологии на вооружение. Даже сегодня южноафриканская компания Sasol производит широкую номенклатуру нефтепродуктов на основе технологии Фишера – Тропша. В Европе в настоящее время также все еще работает несколько предприятий, производящих синтетические нефтепродукты, преимущественно смазочные вещества, на основе использования угля или природного газа в качестве сырья. Было предпринято несколько попыток адаптации технологии Фишера-Тропша для работы на биомассе. Благодаря широкому использованию, технология Фишера-Тропша является наиболее известной конверсионной технологией на сегодняшний день, хотя существуют и иные технологии.

**Технология Фишера – Тропша (ФТ)** (рис. 1) представляет собой процесс получения углеводородных цепочек из оксида угле-

Технология разработана немецкими учеными в 1910-х гг.

Первоначально в качестве исходного сырья рассматривались биогаз и уголь

В качестве исходного сырья также можно использовать биомассу

Наиболее известный и изученный технологический процесс – много публикаций

Описание процесса:

- Исходное сырье подвергается высокотемпературной газификации (до 1400 °С), с содержанием в газе CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, и др.
- Газ очищается, CO и H<sub>2</sub> направляются в реактор
- В реакторе CO и водород образуют метилаты, которые являются основными элементами углеводов. В качестве катализатора используется кобальт или железо.
- Диапазон значений давления от 0,5 до 6 МПа, более высокое давление снижает объем производимого продукта
- Синтетический газ образует углеводородные цепочки в рафинирующем (очищающем) устройстве. Далее извлекаются нужные фракции (дизельное топливо, нефть, воск и др.)

Достаточно высокое потребление электроэнергии

«Побочными продуктами» процесса являются электроэнергия и тепло, их продажа влияет на рентабельность процесса. Производство только топлива не является целесообразным.

Разработан в США в 20-е гг.

Исходным сырьем является уголь

Технология низкотемпературной дистилляции

В результате получается нефть и газ; газ может быть улучшен по процессу Фишер - Тропш

Возможно, что эта технология используется на некоторых китайских установках по преобразованию угля в жидкое топливо

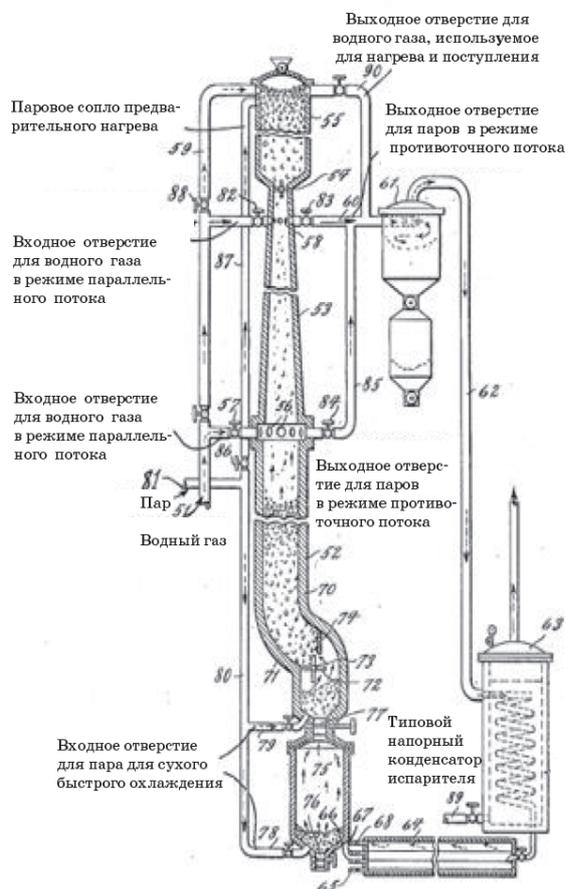


Рис. 1. Технология Фишера-Тропша

рода и водорода. Исходное сырье подвергается газификации на одно- или двухступенчатой установке газификации. После газификатора газ подвергается очистке во избежание отравления катализатора. Реакция ФТ лучше протекает в среде CO и H<sub>2</sub>, но на практике в сырьевом газе присутствуют CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub> в силу конструкции воздушных газификаторов. CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub> не вредят процессу, но из-за увеличенного объема газа, реакторы ФТ и прочее оборудование конструируются несколько большего размера, чем необходимо. Для снижения содержания N<sub>2</sub> также используются газификаторы с кислородной продувкой. В случае газификации биомассы газ, производимый на газифицирующей установке, содержит элементы, которые способны в короткие сроки привести к разрушению реактора, такими элементами являются, в частности, различные смолы и деготь. Их необходимо отделить или связать до того, как газ попадает в реактор. Очистка газа является основной и самой крупной проблемой на пути получения биотоплива из биомассы на основе применения технологии ФТ.

Технология ФТ предусматривает использование большого числа катализаторов. Наиболее распространенными являются катализаторы на основе железа и кобальта. Катализаторы на основе железа используются в реакторах со суспензированным слоем, в которых слой катализатора заменяется каждые две недели. Катализаторы на основе кобальта используются в реакторах с неподвижным слоем, а катализатор заменяется раз в 5 лет или по мере того, как он перестает работать.

Технология предусматривает следующие технологические этапы: подготовка сырья, газификация, очистка газа, реакция ФТ и очистка. Как говорилось ранее, технология ФТ обеспечивает получение метилатных групп (-CH<sub>2</sub>-), которые являются базовым элементом всех нефтепродуктов. В ректификационных колоннах эти элементы соединяются и образуют различные продукты, такие как бензин, дизельное топливо, парафины и т.д. Необходимые фракции отбираются, а оставшиеся либо разрушаются, либо возвращаются обратно в технологический процесс.

В качестве побочного продукта этого процесса в огромных объемах производится тепло в виде очень горячего пара, который может быть использован для привода паровой турбины и последующей генерации элект-

роэнергии. Оставшуюся тепловую энергию можно и рекомендуется использовать для иных нужд. В чистом виде производство топлива представляется экономически неэффективным. В грубом приближении можно говорить о том, что 40% энергии сырья преобразуется в нефтепродукты, а 60% идет на производство тепловой энергии. Так, например, установка производительностью в 200 000 тонн потребляет порядка 1,5 – 2 миллионов кубометров древесины. Тепловая мощность такой установки составит около 750 МВт, что дает производство 450 МВт тепловой энергии, из которой 40% (180 МВт) может быть получено в виде электроэнергии.

#### *Каталитическая деполимеризация*

Каталитическая деполимеризация – это технология, применяемая в химической отрасли. Сама технология была запатентована доктором Питером Байером в 1981 году. Технология напоминает технологию, разработанную в 1913 году Фридрихом Бергиусом. Основное отличие заключается в уровне давления: если каталитическая деполимеризация протекает в условиях небольшого вакуума, то для реализации технологии Бергиуса необходимо создание высокого давления, до 700 бар. При работе с газообразными веществами сжатие газа до таких величин требует больших энергозатрат (рис. 2).

Одним и очень актуальным применением этой технологии в современных условиях является получение дизельного топлива практически из любого исходного сырья. Такая методика была разработана доктором Кристианом Кохом, Германия, в настоящее время она реализуется через его компанию, Alphakat GmbH. Ему удалось разработать катализатор, который работает с разнообразным сырьем. Еще одним изобретением стало решение проблемы управления температурой протекания реакции, благодаря чему удалось избежать образования токсичных выбросов, таких как диоксины и фураны.

Одна из установок Alphakat GmbH скоро, не позднее начала 2009 года, вступит в строй в Форсса, Финляндия. Годовой объем производства составит 4 000 т высококачественного дизельного топлива. К 2011 году планируется увеличить мощность до 20 000 т. В качестве сырья используются отсортированные

Процесс схож с технологией Бергиуса

- Низкая температура < 350 °С
- Исходное сырье тонкого помола или в жидком виде
- Смесь катализатора и тяжелой нефти используется как жидкость-носитель
- Утилизация паров

Основные различия:

- Катализатор – силикат алюминия
- Небольшое разрежение
- Малое энергопотребление (~0,5 кВт/л)
- Большой выбор исходного сырья (биомасса, отходы тип REF, отходы обработки пластиков, отработанное масло др.)

Коэффициент преобразования зависит от исходного сырья и варьируется от 30% (биомасса, шлам водочистн. сооружений) до 95% (отработанные масла)

До сих пор по этому методу получали только дизельное топливо, но можно получить и другие фракции.

Установка на фото справа будет запущена в эксплуатацию в Финляндии к концу текущего года.



Рис. 2. Каталитическая деполимеризация

бытовые отходы, биомасса и б/у пластик. Позднее в качестве сырья можно будет использовать нефтепродукты, отделенные от льяльных вод, но для этого прежде необходимо получить разрешение от Министерства экологии.

Сырье загружается в систему в жидком виде или, если речь идет о твердом сырье, предварительно измельченным. Затем сырье смешивается с носителем, в роли которого выступает смесь ГСМ с катализатором, и подвергается нагреву до 350° С. На этой стадии сырье разлагается на основные элементы. Затем с участием углерода и водорода начинается формирование углеводородных цепочек, являющихся основой строения нефтепродуктов. Этот поток поступает на дистилляционную колонну, где происходит отбор дизельной фракции, представляющей собой высококачественное синтетическое дизельное топливо, которое по своим качественным характеристикам превосходит традиционное дизельное топливо.

Устойчивость и стабильность технологии являются одним из главных преимуществ технологии каталитической деполимеризации по сравнению с прочими технологиями. Еще одним плюсом является сравнительно

небольшое энергопотребление в сравнении с технологиями Фишера – Тропша или Бергиуса. В ряде случаев, например, при работе на навозе, имеющем высокое содержание твердых частиц, технология каталитической деполимеризации может стать отличной альтернативой биогазификации. По сравнению с прочими технологиями, технология каталитической деполимеризации используется недавно, и опыт ее применения крайне мал – предстоит еще много исследовательской работы с разнообразными видами сырья, чтобы определиться с окончательными выводами по поводу ее эффективности. Кроме того, установки невелики, так самые крупные способны произвести порядка 40 000 – 50 000 т дизельного топлива в год.

#### **Технология Кэррика**

В то время, когда немцы занимались внедрением технологий на базе использования технологий Фишера – Тропша и Бергиуса, в США Льюис К. Кэррик проводил свои эксперименты в лабораториях Горного бюро. Целью его экспериментов также было получение нефтепродуктов из угля, сланцев и лигнитов.

Множество других углеродсодержащих материалов также подверглось исследованию на предмет возможности использования в каче-

стве сырья, но основное внимание в рамках исследований было уделено углю. После загрузки уголь подвергался нагреву до 360 – 750° С в безвоздушной среде. В результате были получены полукокс, нефтяные фракции и водяной газ (смесь водорода и угарного газа). Газ, на основе синтеза по Фишеру-Тропшу, например, может быть обогащен до различных видов топлива. Насколько технология Кэррика может быть применена для работы с биомассой, неизвестно. В силу того, что в 30 – 40 годы нехватки дешевого угля в США не отмечалось, технология не получила популярности и в общем-то была почти забыта до последнего времени. Сегодня гипотетически можно ожидать применения технологии Кэррика для новых установок по переработке угля в дизельное топливо, но не имеется никаких достоверных подтверждений на этот счет. Энергопотребление в рамках данной технологии относительно невысоко, поэтому эта технология заслуживает лучшего, чем оставаться в забвении.

*Завтра на ближайшей автозаправочной станции?*

Несмотря на весь ажиотаж, доступность на каждой заправке в достаточном количе-

стве альтернативного, другими словами, биотоплива, – это дело даже не завтрашнего дня. Нефть останется основным источником получения топлива на ближайшие 20 – 30 лет. Объяснение этому простое: потребность в топливе очень велика. В 2004 году в странах ЕС потребление топлива для транспортных нужд составило 270 млн. тонн. Крупная установка на базе использования технологии Фишера – Тропша могла бы производить 250 000 т различных топливных продуктов ежегодно, потребляя при этом порядка 2 млн. кубометров древесины. Это сопоставимо с крупным целлюлозно-бумажным комбинатом. Для удовлетворения 1% потребности ЕС потребовалось бы сооружение 10 – 12 крупных установок на базе применения ФТ технологии, что сопоставимо со строительством такого же количества целлюлозно-бумажных комбинатов. Альтернативными видами топлива можно было бы заменить определенную часть топлива, получаемого из нефти, но для повсеместного перехода на альтернативное топливо все же следовало бы найти новый источник сырья. Возможно, таким источником может стать море с его запасами водорослей.

**Ключевые слова:** биотопливо, технологии получения топлива, технология Фишера – Тропша, каталитическая деполимеризация, технология Каррика, качество топлива

## КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ ЭКОПОСЕЛЕНИЯ С ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

*Тайсаева В.Т., д.т.н., Центр солнечной энергетики, БГСХА, Республика Бурятия*

Повышение энергоэффективности и внедрение энергосберегающих технологий является стратегической задачей для всех национальных экономик. К этому побуждает как постоянный рост цен на энергоносители, так и увеличивающийся объем выбросов двуокиси углерода, что негативно влияет на климат и окружающую среду. Все процессы, связанные с хозяйственной деятельностью человека, сопровождаются потреблением энергии различных видов и, в первую очередь, тепловой.

По данным МИРЭК (Мировой энергетической конференции), около трети всей энергии в странах с умеренным климатом тратится на отопление зданий. В недавно вышедшей директиве Европейского парламента и

Совета ЕС по энергетическим характеристикам зданий указывается, что на энергоснабжение зданий в Европе тратится 40% вырабатываемой энергии. При этом, чем суровее климат, тем эта величина относительно больше. Эта оценка подтверждается и другими многочисленными источниками. Так, в США 36% энергии расходуется на энергообеспечение зданий. На жилищный сектор в Польше приходится 34–38% общего энергопотребления страны, 74% этого количества уходит на отопление [1].

В России эксплуатируются около 5 млрд. м<sup>2</sup> зданий, для отопления которых расходуется около 400 млн. т у.т. или почти 25% годовых энергоресурсов страны [2]. Гро-

мадный расход топлива и электрической энергии приходится на получение горячей воды для технологических нужд в сельском хозяйстве, объектах соцкульткоммунбыта, на отопление животноводческих помещений, теплиц, сушилки сельскохозяйственной продукции, а надежное и устойчивое энергоснабжение является основой жизнедеятельности сельского хозяйства. Все это энергоснабжение обеспечивает традиционная энергетика на ископаемом сырье. Какое же влияние оказывает сейчас традиционная энергетика на развитие жилого сектора?

Городское население оплачивает прямые и косвенные затраты на непрерывное снабжение топливом и электроснабжение, обогревательные и охлаждающие установки и горючее для автомобилей. Эти непрерывные расходы на энергоснабжение должны компенсироваться поступлениями от продажи продукции городской промышленности за пределы города. Долгое время так и было, поскольку в городах располагались промышленные предприятия, предлагающие достаточное количество рабочих мест. Однако городская индустрия, требующая все большего количества людей, находит более дешевую рабочую силу за пределами города. Так мегаполис, развиваясь, подвергается экономическому неизбежному процессу истощения. Однако ежедневные элементарные основные потребности населения в питании и энергии должны удовлетворяться, а значит, их нужно финансировать [3].

Становится совершенно ясно, где должны находиться перспективы энергоснабжения города. «Солнечный город» — вот концепция его модернизации. Источники производства энергии должны быть перенесены назад, в город, не только для того, чтобы в городах снова можно было жить. Солнечная энергия как свободная энергия избавляет от индивидуальной и экономической зависимости. Она освобождает от постоянных счетов за энергию и делает возможным самообеспечение в части неотложных жизненных потребностей: это питание, энергоснабжение, жилье и возможность принимать участие в культурной жизни. «Solar City» укрепляет экономическую самостоятельность с помощью большого количества произведенной непосредственно в самом городе возобновляемой энергии [4].

Насколько актуальна эта мысль можно увидеть на примере того, что доля произведенных индивидуально в крупных городах продуктов питания даже в промышленно развитых странах непрерывно возрастает, поскольку все большее количество людей хотят таким образом снизить свои расходы. «Городское фермерство» встречается не только в крупных городах третьего мира. Есть примеры, когда внутригородское выращивание продуктов питания дает почти вдвое больше доходов, чем работа с минимальной заработной платой. В России в последние годы в крупных городах много миллионов человек занимается обеспечением себя продуктами питания [3]. Даже в США уже в 80-е годы наблюдался рост на 17% производства продуктов питания городским населением [5]. Конечно, эта тенденция к самообеспечению наблюдается не во всех крупных городах, поскольку ей препятствуют и природные условия. Но эта тенденция указывает на то, что развитие городов во всевозрастающей степени зависит от того, насколько люди сами смогут обеспечивать свои базовые потребности. Для будущего развития это означает, как важно иметь в окрестностях города сельскохозяйственные угодья.

Возможности для непосредственного самообеспечения энергией в мегаполисах на базе солнечной энергии во много раз больше, чем в случае с продуктами питания. Возможно даже полное энергетическое самообеспечение мегаполисов. Только энергия солнца не сможет остановить упадок города, но она является элементарным предварительным условием для возрождения городов.

Города стран третьего мира в постколониальную эпоху ориентируются на пример промышленно развитых стран и их энергоемкую модель роста. Тем самым они подчиняются натиску роста, не имея даже достаточного времени приспособиться к нему. Их наводняет беспримерный по масштабам приток новых жителей, который создает непосильное бремя для их инфраструктуры. Города застраиваются быстро поднимающимися и стремительно приходящими в упадок бетонными постройками; прокладываются мощные сети дорог и линий электропередач; кольца годового прироста и кварталы нищеты простира-

ются вокруг центра города, который постоянно находится под облаком смога. Такие города, как Мехико, Сан-Пауло, Лима, Каир, Нью-Дели, Бомбей, Джакарта, Стамбул или Карачи, которые давно перешагнули десяти-миллионный рубеж населения, ярко подтверждают бесперспективность «ископаемой» модели цивилизации [3].

Мегаполисы промышленно развитых стран по большей части достигли границ роста, их население в целом стабильно, а в сельскохозяйственных областях благодаря маргинализации сельскохозяйственного сектора живет уже только малая часть населения. Мегаполисы развивающихся стран не могут предотвратить массовое переселение из деревни в город. В этих странах подавляющее количество населения живет все еще в сельской местности: 80,4% — в Китае, 77% — в Индии, в остальной Азии — 75%, в Африке южнее Сахары — 73%. При этом огромные людские массы скапливаются вокруг городов и без того безнадежно перегруженных. «Наилегчайший путь к развитию страны» — так называют это «состояние развития» эксперты по странам третьего мира. Страна считается низкоразвитой, если число деревенского населения особенно высоко — как в Бурунди (95,7%), Руанде (94,3%), Буркина-Фасо (91,5%), Уганде (91,5%), Малави (90,9%), Эфиопии (89,5%), Нигерии (87,5%), Эритрее (86,5%), Танзании (82,2%), Кении (83,9%), или в азиатских странах, таких как Непал (93,5%), Бангладеш (88,7%), Камбоджа (87,6%), Лаос (86,6%) [6]. Подразумевается, что густонаселенность и сложные условия жизни больших городов представляют собой более высокую ступень развития.

Бегство из деревни имеет свои глубинные причины, кроющиеся в отсталости и полной запущенности сельского хозяйства. Эти причины таковы:

«модернизация» сельскохозяйственного производства, как уже упоминалось, подорвала жизненные основы мелкого крестьянства; сельское население, нуждающееся в экономическом и культурном развитии, либо совсем не имеет средств оплачивать энергию из коммерческих источников, либо они недоступны технически, поскольку центр тяжести энергообеспечения приходится на города; стремительное увеличение городского на-

селения за счет сельского, нанизанное на централизованную энергосистему, для многих станет угрожающим. Концепция экономической «модернизации», которая приводит людей к энергетике на ископаемом топливе, оказывается тупиковой.

Структурные причины бегства из деревень и катастрофический рост городов наглядно показывают опасность энергетического тупика для всего развития стран третьего мира [7]. Наиболее тяжелые последствия этого заденут Африку [8]. Из этого тупика существует единственный выход: использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), которые сделают доступными в сельских районах электроэнергию и топливо для развития сельского хозяйства, ремесел и местной промышленности за счет внедрения автономно работающей децентрализованной энергосистемы.

Технические возможности для ее создания существуют давно. Это и электростанции на малых реках (малых ГЭС), и небольшие ветровые установки, и установки по производству биогаза, и получение моторного топлива из древесины [3].

Однако в очень немногих странах автономно работающие энергосистемы используются даже в малой степени. Исключение составляют огромное количество (порядка нескольких миллионов) установок по получению биогаза, которые китайские крестьяне используют лишь для обогрева и приготовления пищи [9].

В нашей стране только с подорожанием энергоресурсов начала проявляться активность в развитии энергосберегающих технологий во всех сферах народного хозяйства, в том числе в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ). Удельный расчетный расход тепла на отопление зданий в центральной части России составляет 84 кг у. т./1 м<sup>2</sup>/г., в то время как в Швеции потребляется около 27 кг у. т./1 м<sup>2</sup>/г. (рис. 1). Еще более высок этот показатель для условий Забайкалья. Так в Бурятии по 21 району он составляет от 123 до 246 кг у. т./м<sup>2</sup>/г., хотя по норме установлено 76,7 кг у. т./м<sup>2</sup>/г.. Результаты социологических исследований подтверждают устойчивый энергорасточительный стереотип поведения у всех групп населения [1].

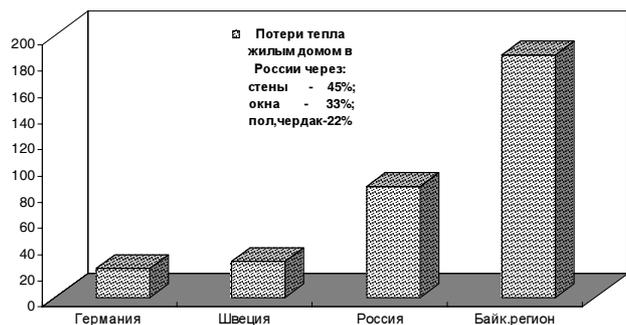


Рис. 1. Расход тепловой энергии, кг у.т. в год

Как видно из рис. 1, основной расход тепла, составляющий более 75% от энергобаланса здания, идет на компенсацию потерь через ограждающие конструкции. В связи с этим в нашей стране осуществляется постепенный переход к различным типам слоистых конструкций с эффективным теплоизолирующим слоем и повышением термического сопротивления ограждающих конструкций зданий в 2,5 — 3,5 раза по сравнению с ранее построенными.

Реализация новых требований строительных норм и правил даст возможность приблизить требования к теплозащите строящихся и реконструируемых зданий к нормам европейских стран. Сегодня в большинстве субъектов Российской Федерации разработаны и реализуются региональные программы энергоресурсосбережения. Работы по этим программам сводятся, как правило, к следующим главным направлениям:

- переход к энергосберегающим архитектурно-строительным системам и инженерному оборудованию как при новом жилищном и коммунальном строительстве, так и при их эксплуатации, реконструкции и модернизации;
- совершенствование систем тарифов, стандартизации, сертификации и метрологии, направленных на энергоресурсосбережение.

Опыт западных стран Европы показывает, что такие мероприятия позволяют экономить до 20 и более процентов энергоресурсов (даже нулевого потребления), потребляемых на отопление (табл.1.) [2]. В Европейских странах нормы на удельное теплотребление зданий систематически снижаются. В ЕС принята программа поэтапного перехода к «пассивным» зданиям (безотопительным). Нормы на теплотребление зданий в РФ были ужесточены в три раза во второй половине 70-х годов, об их дальнейшем ужесточе-

Таблица. 1

Немецкая классификация зданий по энергоэффективности

Жилой дом 140 м <sup>2</sup>	Годовой расход тепла кВт ч/м <sup>2</sup> /г., кг у.т
Старое строение	300 ( 42.6)
Типовой дом 70-х годов	260( 36.9 )
Типовой дом 80-х годов	150 (21.3)
Дом низкого энергопотребления 90-х годов	70 (9.94 )
Дом ультранизкого энергопотребления	30 (4.26)
Современный пассивный дом	Менее 15 (2.13)

нии на федеральном уровне в настоящее время вопрос не ставится.

Для Германии 90-х и 2000-х годов приведены характеристики домов «опережающего» типа (рис.2). Один из первых энергопассивных (безотопительных) домов в Германии был построен в г. Дармштадт (первая половина 90-х годов). В настоящее время в Германии построено более тысячи пассивных домов [2]. Весьма значительны возможности дальнейшего сокращения потребления тепловой энергии в зданиях, связанные с использованием пассивных солнечных систем (ПСС).

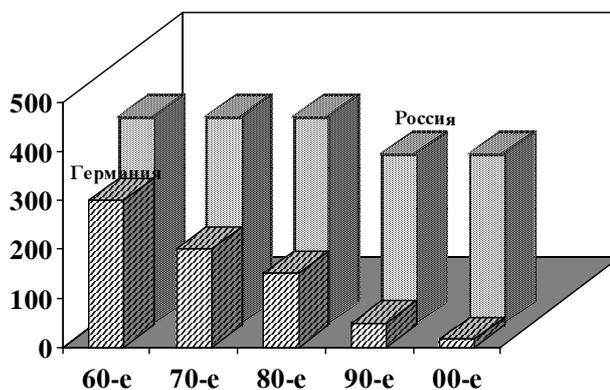


Рис.2. Динамика снижения удельного теплотребления зданий в Германии и России (Подмосковье), кВт·ч/м<sup>2</sup>·г

Стоимость «солнечных» и энергоэффективных зданий очень незначительно превышает стоимость обычных зданий. По самым скромным подсчетам легко достижимым может быть сокращение потребления тепловой энергии в зданиях на 10% к 2010 г. за счет увеличения использования ПСС. В ЕС действует программа по поэтапному переходу к

строительству только пассивных домов. Пассивные системы находят широкое применение в мировой практике, однако в России они до настоящего времени не применяются.

Анализ опыта стран Западной Европы показал, что успехи по сокращению потребления тепловой энергии в зданиях связаны именно с широким использованием пассивных солнечных систем.

Практический успех первой программы «1000 Солнечных крыш» в Германии как в отношении выбранных технических решений, так и в части экономических и правовых механизмов реализации, способствовал появлению программ «70 000 Солнечных крыш» в Японии, «100 000 Солнечных крыш» в Германии, «Миллион фотоэлектрических установок» в Европейском союзе.

Практическая реализация солнечных энергетических технологий в США началась с середины 70-х годов и активно развивалась в последующие годы. В 1997 г. в США была принята программа «Миллион солнечных крыш», предусматривающая установку солнечных энергосистем, фотоэлектрических и тепловых, на крышах одного миллиона муниципальных и частных домов к 2010 г.

Вслед за экономически развитыми странами программы развития и поддержки ВИЭ приняли и многие развивающиеся страны, в частности Индия, Китай, Монголия. В Монголии принята программа «100 000 Солнечных домов (юрт)», в которой приоритет отдается фотоэлектрическим установкам [10].

Методами стимулирования развития ВИЭ, широко применяемых в мире, являются: создание специальных программ и демонстрационных проектов, освобождение от налогов или их снижение, субсидирование инвестиций, льготные ссуды на инвестиции, ускоренная амортизация, государственное финансирование научных разработок, законы, обязывающие энергокомпании покупать энергию ВИЭ по повышенным фиксированным ценам, установление экологических налогов на ископаемое топливо, мораторий на строительство атомных электростанций и т.д.

Во многих зарубежных странах, в первую очередь, в экономически развитых, вопросы использования солнечной энергии для теплоснабжения уделяется серьезное внимание, как существенному средству экономии

топлива, поскольку солнечный тепловой нагрев является на сегодня экономически конкурентоспособным по сравнению с электрическим, и наибольшая часть производимой в мире энергии используется в виде теплоты.

В мире экономический потенциал ВИЭ оценивается в 20 млрд. т у. т. в год, что в 2 раза превышает объем годовой добычи всех видов ископаемого топлива. Технический потенциал ВИЭ РФ многократно превышает годовой объем топливопотребления, а экономический составляет 274,8 млн. т у. т. в год (около 30% от объема потребления ТЭР России).

Технический реализуемый потенциал возобновляемой энергетики Байкальского региона только по республике Бурятия составляет  $28,9 \cdot 10^9$  кВт·ч ( $6,06 \cdot 10^6$  т у. т.) из них: солнца —  $27 \cdot 10^9$  кВт·ч ( $5,6 \cdot 10^6$  т у. т.), ветра —  $8,5 \cdot 10^6$  т у. т., термальных вод —  $124,5 \cdot 10^6$  т у. т., малых рек —  $35,68 \cdot 10^6$  т у. т., биомассы —  $1735,8 \cdot 10^6$  т у. т. Из всех источников ВИЭ Байкальского региона самый высокий потенциал — солнечной энергии.

Для реализации потенциала ВИЭ в существующих экономических условиях разработаны энергосберегающие технологии на базе ВИЭ жилого дома, фермерского хозяйства и личного подсобного хозяйства (ЛПХ), исходя из принятых в нашей стране для энергосбережения в системах теплоснабжения первоочередных мер:

изменений в СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника», устанавливающих три уровня теплозащиты зданий в зависимости от нормируемых значений термического сопротивления ( $R_0$ ) наружных стен, доведение  $R_0$  оконных блоков до  $0,7$  Вт·°С/м<sup>2</sup> и более за счет применения при их замене стеклопакетов;

анализа существующей структуры энергопотребления жилого сектора, объектов сельского хозяйства, фермерских хозяйств;

действующих тарифов на тепловую и электрическую энергию;

информации об отечественном и зарубежном оборудовании ВЭ;

оценки технического и экономического потенциала ВИЭ;

теплотехнических характеристик разработанных солнечных коллекторов с теплоносителем вода и воздух, тепловых аккумуляторов с пористой насадкой, систем утилизации бытовых отходов;

технической и сметной документации разрабатываемого оборудования ВЭ для обоснования проектов экодомов, фермерских хозяйств, ЛПХ с автономными системами жизнеобеспечения на базе ВИЭ;

эксплуатационных характеристик действующих систем ВЭ (систем жизнеобеспечения экодома, солнечных систем ГВС).

Предпосылками разработки концепции предлагаемого проекта экопоселения послужили кроме обозначенной выше проблемы энергосбережения также дефицит овощей, молока, экологически чистой продукции, на Байкальской природной территории (БПТ), на которую спрос с каждым годом растет, а также острейшая проблема продолжающегося негативного влияния объектов энергетики на окружающую среду.

В странах с развитой экономикой потребление овощей на 1 человека составляет: в США — 113 кг, в Японии — 122 кг, во Франции — 129 кг, в России — 75 кг, в Республике Бурятия — 44 кг. В России основной объем производства овощей, мяса, молока переместился из сельхозпредприятий (11,5%) в ЛПХ (86%). В Республике Бурятия объем производимой сельхозпродукции в сельхозпредприятиях составляет 6,2%, а в 2550 фермерских хозяйствах и 150 тыс. ЛПХ — 90,8%.

Можно сказать, что почти 100% «загрязненной» продукции производится в животноводческих помещениях, временных пленочных теплицах, где не поддерживаются нормируемые параметры микроклимата. В настоящее время в Республике Бурятия нет ни одной зимней теплицы из-за гро-

манных цен на традиционные энергоносители. В ЛПХ нет ни овощехранилищ, ни пунктов переработки сельхозпродукции.

В районы автономного энергоснабжения районов БПТ на топливо и его завоз тратится более половины бюджета территорий, из них 80% используется на тепловые процессы. Из-за специфики развития региона велика доля мелких котельных (до 50%), в которых, как и на ТЭЦ региона, сжигается в основном местный уголь.

Исходя из вышеобозначенных проблем и была поставлена цель — разработать и дать технико-экономическую оценку проекту экопоселения с энергосберегающими технологиями на базе ВИЭ для производства экологически чистой продукции. Впервые в России будет реализован системный подход для достижения данной цели, как при строительстве экопоселений, так и при его эксплуатации. Это позволит снизить материальные затраты при строительстве теплиц, турбаз, экодомов, фермерских хозяйств, ЛПХ в 5–6 раз, а при их эксплуатации добиться эффекта минимального потребления электроэнергии, тепла и воды от внешних сетей.

Создание экопоселений с автономным энергообеспечением позволит развеять миф о централизованных структурах энергетики и о том, что иные пути обеспечения энергией невозможны. Использование солнечной энергии может достичь своего оптимума в децентрализованных структурах энергоснабжения. Применение солнечных технологий не несет вреда для окружающей среды.

**Ключевые слова:** энергетическое самообеспечение, автономная энергосистема, энергосбережение, энергоэффективные здания, пассивные солнечные системы, стимулирование развития ВИЭ

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лапин Ю.И. Автономные экологические дома. М.: Алгоритм. 2005
2. Чернышев Л.Н. Экономика городского хозяйства. М. 1999
3. Шеер Г. Восход солнца в мировой экономике. Стратегия экологической модернизации. М.: Тайдекс Ко. 2002
4. Knoll Michael, Kreibich Rolf. Solar City. Sonnenenergie fur die lebenswerte Stadt. Weinheim. 1992
5. Cities for the Future. Dream or Nightmare. Panos Briefing No. 34. London. June 1999
6. Jazairy Idriss, Alamgir Mohiuddin, Panuccio Theresa. The State of World Rural Poverty. New York. 1992
7. Birgit Rheims. Migration und Flucht. // Hauchler Ingomar, Messner Dirk, Nuschler Franz. Globale Trends 1998. Frankfurt a. M. 1997
8. KabouAxelle. Wederarm noch ohnmachtig. Basel. 1995
9. Chengdu Biogas Research Institute: The Biogas Technology in China. Beijing. 1989
10. Энзбиш Н., Ямбаа Я. Национальная фотоэлектрическая программа «1 000 000 Солнечных домов (юрт) в Монголии // Материалы I-й Международной научной конференции «Возобновляемые источники энергии для устойчивого развития Байкальского региона». Улан-Удэ. 2001

СОЗДАНИЕ ЭКОПОСЕЛЕНИЯ  
С АВТОНОМНЫМИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМИ СИСТЕМАМИ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ  
НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

*Тайсаева В.Т., д.т.н., Малых В.В., Мазаев Л.Р., Центр солнечной энергетики, Республика Бурятия*

Экопоселение — это жилая застройка, образованная экодомами. Экодом — это не обязательно отдельно стоящий дом, он может быть также включенным в блоки, состоящие из двух – четырех и более квартир — при рядной застройке. При этом можно обеспечить для каждой квартиры индивидуальный земельный участок. Эти варианты предпочтительны для застройки в условиях города с высокой плотностью населения. Экодом можно определить как малоэтажный энергетически оптимизированный дом на одну или несколько квартир с прилегающим земельным участком. Экодома создадут принципиально новую жилую застройку, которая будет качественно отличаться от современной, как городской, так и сельской. В поселениях, образованных экодомами, будет значительно меньше сооружений инженерных сетей, будут рациональнее использоваться земельные площади, будет сохранен естественный ландшафт.

Экодом, требуя от проживающих в нем определенных навыков и знаний, имеющих общеобразовательный и экологический характер, автоматически будет выполнять еще и образовательную функцию.

Экожилье с его основными принципами (использование ресурсосберегающих средосберегающих систем жизнеобеспечения, малоотходность, достигаемая переработкой и утилизацией всех видов отходов, комфортные условия жизни) является универсальным для любых климатических условий, хотя в районах вечной мерзлоты и в тропических джунглях оно будет выглядеть по-разному [1].

Ещё в эпоху Возрождения существовало предположение, что четыре элемента — наружный климат, ограждающие конструкции, внутренняя среда и реакция человека — являются частями единого целого. Общая модель основывается, во-первых, на идее неразрывности пространства. Это пространство имеет тепловые и другие характеристики, меняющиеся во времени и пространстве. Во-вторых, общая модель характеризуется тем, что на всех уровнях эти системы стремятся, согласно второму закону термодинамики, к

устойчивому состоянию. Таким образом, проект экономичного и комфортного здания не может быть разработан без понимания роли взаимодействующих систем: климат, здание и реакция человека.

Важнейшей задачей развивающихся мегаполисов является сохранение и восстановление природы. Использование *экотехнологий* в массовом строительстве жилья во многом решит эту проблему. Для решения задачи строительства экологического жилья новосибирскими учёными и инженерами созданы интересные архитектурные проекты энергоэффективных домов на базе новых строительных материалов и автономных систем жизнеобеспечения. Приоритетным жилищем для семьи является индивидуальный дом со всеми удобствами. Традиционные подходы в малоэтажном жилье на базе централизованных сетей себя не оправдали ввиду большой дороговизны строительства коммуникаций и возрастающих эксплуатационных затрат на их содержание.

Экодом, как жилище 21 века, будет соответствовать системному подходу, связанному с энергоэффективным строительством на основе возобновляемых источников энергии.

Программа «Экодом» является частью федеральной программы «Устойчивое развитие общества», принятой на рассмотрение ГосДумой для вывода России из кризиса в экономике.

Экологическое домостроение это:

подъём уровня комфорта за счет использования рассеянной энергии окружающего пространства, возможности её концентрации, аккумуляции и преобразования;

участие семьи в эффективном потреблении природных ресурсов и энергии, в утилизации бытовых отходов в доме, в обеспечении себя основными продуктами питания (сад, огород, ферма).

На данный момент в России созданы предпосылки развития общества в постиндустриальном мире. Используя научный потенциал страны и сложившийся уклад жизни россиян, можно стать лидером в экологическом домостроении. Принятую Государственную

Программу «Свой дом» нужно наполнить конкретным содержанием. В законодательной и кредитно-финансовой политике государства экологическая направленность этой программы отражена авторами в следующих тезисах:

решение экологических проблем — это утилизация бытовых отходов и снижение выбросов в атмосферу и в почву при эксплуатации дома;

использование нетрадиционных источников энергии в эксплуатации дома (солнце, ветер, тепло земли и подземных вод и т.д.);

использование населением для покупки экодомов материальных средств от продажи собственных квартир, дач и гаражей. Создание вторичного рынка жилья;

формирование новых рабочих мест в создании новых технологий;

строительство экодому своими руками;

готовность населения производить плодово-овощную продукцию на своём огороде;

дом для нескольких поколений лучше всего определяет родственную связь, заботу о детях и пожилых родителях.

Строительство демонстрационных энергоэффективных зданий и поселков является на западе широко распространенной и эффективной практикой и проводится в рамках многочисленных государственных и муниципальных программ энергосбережения. В ЕС действует программа по поэтапному переходу к строительству только пассивных домов. В середине 70-х годов полемика в области американской инженерной экономики сводилась к тому — могут ли незатратные сбережения энергии составить в сумме примерно 10 или 30% от общего потребления.

В середине 80-х годов дискуссии велись вокруг диапазона от 50 до 80%, а в середине 90-х годов профессионалы обсуждают вопрос, находится ли потенциал возможностей ближе к 90 или 99%, что означает экономию в 10 – 100 раз. В то время как в России многие специалисты до сих пор воспринимают пассивные дома как фантастику, в США уже много лет проводится очный общенациональный студенческий конкурс по проектированию и строительству энергопассивных домов.

Типовые энергопассивные дома, построенные в Германии, приведены на рис. 1, а на рис. 2 — эволюция энергетических характеристик

домов в направлении от обычных к энергопассивным. В настоящее время в Германии построено более тысячи пассивных домов.



а)



б)

Рис.1. Энергопассивные дома в Германии  
а) энергопассивный дом в Аахене,  
б) в Висбадене (построен в 1997 г.)

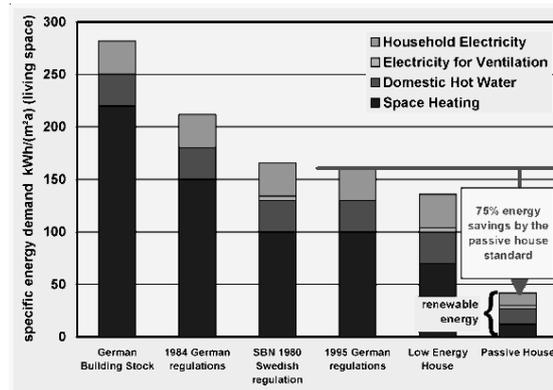
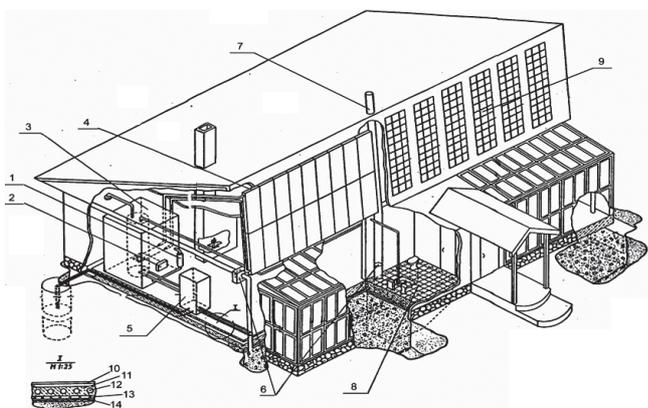


Рис. 2. Эволюция энергетических характеристик домов Германии в направлении от обычных к энергопассивным

Перспективным регионом использования автономных солнечных систем теплоснабжения является территория Байкальского региона — одна из немногих территорий России с высоким приходом солнечной радиации и с повышенными требованиями к экологии окружающей среды. В ОАО «Институт сол-

нечной энергетики» были проведены исследования с целью создания энергоэффективного экологически чистого дома с отоплением от солнечной системы и дублера — электродублера. Был проведен натурный эксперимент, по результатам которого были разработаны рекомендации по внедрению солнечных систем теплоснабжения в жилом секторе, на объектах соцкультбыта, сельского хозяйства.

Для создания жилого дома (рис. 3) с автономными системами жизнеобеспечения была проведена в 1999 г. реконструкция дома в г. Улан-Удэ площадью 80 кв.м., объемом 216 м<sup>3</sup> с централизованным теплоснабжением без горячего водоснабжения (ГВС) и канализации. В результате реконструкции в экспериментальном жилом доме сопротивление ограждающих конструкций за счет утепления стен, потолка, пола было доведено до нормируемого по нормам СНиП, с юго-восточной стороны дома сооружена оранжерея (с суточным гравийным аккумулятором), создающая буферную зону.



**Рис. 3.** Схема автономных инженерных систем жилого дома: 1 — электродублер; 2 — пульт управления ПЭУ-9; 3 — бак-аккумулятор; 4 — солнечные коллекторы; 5 — тепловой насос; 6 — вентиляторы; 7 — вытяжная труба биотуалета; 8 — биотуалет; 9 — фотобатареи; 10 — плитка; 11 — бетон; 12 — металлопластиковые трубы; 13 — сетка; 14 — теплоотражающая пленка

В качестве инженерных систем жизнеобеспечения были приняты: для отопления — солнечная система (на базе солнечных коллекторов «Радуга») отопления и ГВС с дублером — электродублером на 9 кВт; вместо традиционных батарей отопления — напольное отопление из металлопластиковых труб «Китек» с теплоаккумулирующим

полом. Канализации как таковой нет, ее роль выполняет система утилизации бытовых отходов типа «Clivus Multrum».

#### *Технико-экономические показатели*

**Активная система солнечного отопления** на базе солнечных коллекторов (СК) «Радуга» с теплоносителем вода замещает за отопительный период до 20% тепловой нагрузки жилого дома в условиях г. Улан-Удэ, а СК с теплоносителем вода – воздух конструкции Центра солнечной энергетики — до 34 %.

**Напольное отопление** с использованием металлопластиковых труб стабильно обеспечивало температуру 18 – 20°С в помещении при низких температурах воды до 40°С в отопительный период (снизило энергопотребление на электродублер).

**Пассивная солнечная система (ПСС)** в виде оранжереи обеспечивала дополнительно до 30% экономии тепловой энергии (на отопительный период приходится в условиях г. Улан-Удэ 72% годовой солнечной радиации, в южных районах Республики Бурятия — до 90%);

**Использование биотуалета** типа «Clivus Multrum» позволяет обходиться без канализации и выгребной ямы.

Пятилетний опыт эксплуатации автономной солнечной системы теплоснабжения (ССТ) жилого дома (рис. 4) показал, что при работе автономных ССТ образуются большие излишки вырабатываемой ими тепловой энергии, которые можно эффективно аккумулировать.



**Рис. 4.** Первый экспериментальный дом в Байкальском регионе с автономными системами жизнеобеспечения (г. Улан-Удэ, 1999 – 2005 гг.)

При разработке проекта следующих экодому был учтен опыт эксплуатации экспериментального жилого дома и предложены проектировщикам и архитекторам гибридные ССТ (активные и пассивные с суточным

и сезонным аккумулярованием излишков тепла в тепловых аккумуляторах).

Наиболее совершенный проект экоддома (рис. 5) представляет собой одноэтажный дом с мансардой, имеющий зимний сад, гравийный аккумулятор тепла, установки раздельной очистки сточной воды от кухни и ванной. Стены при толщине 0,77 м имеют сопротивление теплопередаче  $4,8 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ . Общая площадь дома —  $146 \text{ м}^2$ . Авторы проекта И.В. Лобарев, В.В. Малых, Ю.В. Ажичаков (г. Новосибирск, ООО «Сибэкодомстрой»). Авторы при разработке проекта руководствовались принципом: дом — есть единая, встроенная инженерная система, позволяющая снизить эксплуатационные затраты до 30% без использования дополнительного энергосберегающего оборудования.

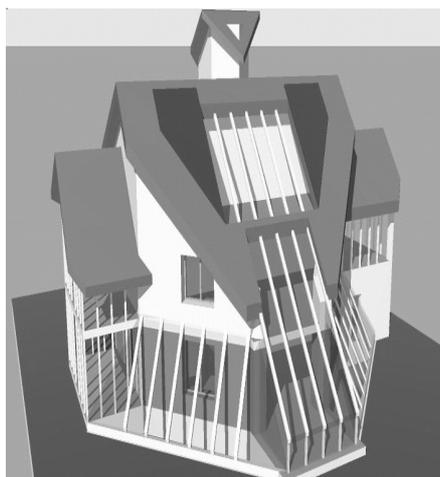


Рис. 5. Экоддома с автономными системами энергообеспечения

Использование в доме оборудования возобновляемой энергетики: солнечных коллекторов, аккумуляторов тепла, утилизаторов тепла и воды, теплового насоса, фото-ветроустановок, систем автоматики и контроля по-

требления и т.д. позволит сэкономить до 60% тепла и электроэнергии.

Срок окупаемости инженерного оборудования не превысит 10 лет.

#### *Экопоселение в Байкальском регионе*

Широкое внедрение экологически чистых поселений на базе одноэтажных экоддомов должно способствовать быстрому развитию одноэтажного строительства, инфраструктуры сел, туризма в Байкальском регионе. Одним из эффективных методов повышения конкурентоспособности туристского и санаторно-курортного российского продукта и стимулирования прорывного роста экономики будет являться создание на территории регионов Сибири, в частности, Прибайкальского района Республики Бурятия экономической зоны туристско-рекреационного типа, принятое Постановлением Правительства РФ №68 от 03.02.07 г.

В рамках подготовки Российской программы развития возобновляемых источников энергии (РПРВИЭ – 2006) автором Тайсаевой В.Т. подготовлен перечень объектов ВИЭ, в том числе экопоселений с указанием их предварительных технических и экономических характеристик и плана их строительства на Байкальской природной территории (БПТ). Одной из первоочередных задач развития энергетики БПТ является надежное и устойчивое энергообеспечение жилого сектора, курортных зон, сельского хозяйства, населения с учетом высоких экологических требований, предъявляемых к объектам ТЭЖ в условиях особого режима хозяйствования в бассейне озера Байкал, а этим требованиям отвечают экологически чистые технологии на базе ВИЭ.

Приоритетный проект экопоселения для внедрения на БПТ был отобран исходя из:

- анализа существующей структуры энергопотребления жилого сектора, объектов сельского хозяйства, фермерских хозяйств, ЛПХ, турбаз БПТ;

- действующих тарифов на тепловую и электрическую энергию в БПТ;

- банка данных оборудования возобновляемой энергетики;

- оценки валового, технического и экономического потенциала энергии солнца, ветра, малых рек, термальных вод, биомассы;

- технической и сметной документации разработанного оборудования ВЭ для обоснования технических решений проектов экоддомов, туристических баз, фермерских хо-

зайств, ЛПХ с автономными системами жизнеобеспечения на базе ВИЭ;

разработанных экологически чистых энергосберегающих технологий на базе ВИЭ: фермерского хозяйства, гибридной фермы – теплицы для ЛПХ, экодома, солнечной теплицы.

Создание экопоселения рассчитано на 20 га, где будут построены 120 сблокированных жилых домов с автономными системами жизнеобеспечения:

комплекс солнечных теплиц, плантации садов, фитобары, гелиолечебницы, фермерские и личные подсобные хозяйства для производства молока, мяса и выращивания овощей с пунктами переработки с/х продукции;

турбазы с автономными системами жизнеобеспечения на берегу Байкала с питанием экологически чистыми с/х продуктами.

Для решения задачи строительства экологического жилья созданы архитектурные проекты энергоэффективных домов на базе новых строительных материалов и автономных систем жизнеобеспечения (рис.6, 7), которые и являются основой экопоселения. Фрагменты генплана экопоселений представлены на рис. 8.



Рис.7. Сблокированный одноэтажный дом с мансардой

Рис.7. Сблокированный одноэтажный дом с гибридной фермой — теплицей

Рис. 8. Фрагменты генплана экопоселения

**Годовая потребность экопоселения:**

мощности, МВт: электрической — 3,54, тепловой — 9,43.

энергии, кВт·ч: электрической — 132000, тепловой — 13 318 971.

Из них гибридной фермы— теплицы для ЛПХ:

мощности, кВт: электрической — 14, тепловой — 45,5;

энергии,кВт·ч: электрической — 10 065, тепловой — 113 943,7.

В экопоселении (см. рис.8) будут сооружены 120 жилых домов с использованием экотехнологий, 2 комплекса теплиц площадью по 1000 м<sup>2</sup>, энергоэффективные фермы-теплицы для ЛПХ.

В жилых домах предусмотрено использование экотехнологий. В системе солнечного отопления использованы солнечные коллекторы нового поколения «Сокол» НПО «Машиностроение» с улучшенными теплотехническими характеристиками за счет использования селективного покрытия на теплопоглощающей панели из нержавеющей стали и светопрозрачного покрытия из особо прочного стекла с высокими оптическими характеристиками. В системе в качестве теплоносителя используют: воду при плюсовых температурах и антифриз в отопительный период (солнечный контур), воду (второй контур напольного отопления) и воздух (третий контур воздушного солнечного отопления).

**Характеристика технологического оборудования:**

активные солнечные системы с теплоносителем вода на базе солнечных коллекторов «Сокол» единичной площадью 2 м<sup>2</sup> и тепловых аккумуляторов с корпусом из нержавеющей стали единичным объемом до 2 – 4 м<sup>3</sup>;

ССТ с теплоносителем воздух с СК собственной конструкции (имеется техническая документация) единичной площадью 2 м<sup>2</sup>; 8 м<sup>2</sup>.

Как показали наши исследования, на экспериментальном доме с автономными системами жизнеобеспечения солнечная система теплоснабжения эффективно работает с марта по октябрь, при температурах окружающего воздуха от минусовых температур нужно перейти на теплоноситель воздух, используя эти же коллекторы, предусмотрев в конструкции каналы для воздуха.

Два комплекса теплиц площадью по 1000 м<sup>2</sup> каждый из сблокированных в виде подковы из 10 модулей по 100 м<sup>2</sup> в юго-западном направлении и оптимизированных на максимальный приход солнечной радиации в отопительный период с 15.02 по 15.11 (240 дней) для широты 52°3'; угла наклона светопрозрачного покрытия к горизонту 60°; высоты солнца 30°.

Теплоснабжение каждого модуля будет обеспечиваться:

гибридной солнечной системой на базе солнечных коллекторов вода – воздух, площадью 12 м<sup>2</sup> в южной части теплицы;

пассивной солнечной системой, совмещенной с северной стеной, которая будет изготовлена из пустотных блоков шириной 0,2 м и заполнена теплоаккумулирующей насадкой из пористого материала;

теплоаккумулирующим полом с ТАН из пористого материала объемом 15 м<sup>3</sup>, внутри пола проложены перфорированные трубы Ш 35 см для поставки горячего воздуха от ССТ и ПСС.

Нагрузка отопления — 66 228 кВт·ч для 6500 градусо-дней отопительного периода. Тепловой баланс солнечной теплицы (кВт·ч) + 25301,4 (дефицит тепла — 20 483,9; избыток + 45 785,3).

Энергоэффективность теплицы будет достигнута за счет:

совмещения ограждающих конструкций с тепловыми аккумуляторами, что даст экономию до 40% строительных материалов;

оптимизации геометрических размеров элементов теплицы для максимального поступления солнечной энергии в отопительный период, что позволит использовать теплицу как весенне-осеннюю (без отопления) с марта по октябрь;

сезонного аккумулирования избыточного тепла (45785,3 кВт·ч) непосредственно в ограждающих конструкциях (пол, стены, потолок).

В энергоэффективных фермах-теплицах для уменьшения теплопотерь ферма ЛПХ (51,7 м<sup>2</sup>) совмещена с теплицей (64 м<sup>2</sup>). Отопление — воздушное, на базе солнечных коллекторов и принудительной вентиляции через трехслойный стеклянный теплообменник-рекуператор. Пол дополнительно нагревается от биотепла, поступающего из компостера-накопителя. Годовая потребность гибридной фермы-теплицы для 6 коров, 4 телят, 5 голов молодняка и жилого дома составляет:

мощности, кВт: электрической — 14, тепловой — 45,5;

энергии, кВт·ч: электрической — 13 065, тепловой — 132 266,7.

По проекту на 5 объектах ЛПХ будет введено 66,7 кВт мощности установок возобновляемой энергетики, из них:

112 м<sup>2</sup> (СК) — 49,2, тепловых аккумуляторов (180 м<sup>3</sup>) — 20, которые обеспечат 75 350,7 кВт·ч тепловой энергии (57%) из 132 266,7 требующейся;

системы из 5 гибридных фото-ветродизельных установок по 1 кВт — 5, которая обеспечит выработку за год 8 450 кВт·ч (65%) электроэнергии из 13 065 требующейся;

биотепло, поступающее из компостера-накопителя в теплицу, позволит повысить температуру защищенного грунта до 50 °С. Количество теплоты, выделяемое биотопливом, составит 1000 – 1600 Дж/кг.

Технико-экономические показатели эффективности создания экопоселения:

экономия энергии по предлагаемым проектам для внедрения за год составит 9 022 009 кВт·ч, из них:

тепловой — 8 860 758,8 (144 638,6 по фермерскому и 1 ЛПХ, 8716120,2 по экопоселению), электрической — 161250.

Требующееся количество тепловой энергии по экопоселению — 13 318 971 кВт·ч. Коэффициент замещения  $f$  органического топлива активными и пассивными солнечными системами составит 66,5%, предотвращение выбросов углекислого газа — 3404 т в год.

**Ключевые слова:** экотехнологии, экодом, экопоселение, экологическое домостроение, энергопассивный дом, использование ВИЭ, энергосбережение, проект экопоселения, экотеплица, технологическое оборудование, экспериментальный дом с автономной системой жизнеобеспечения, энерго-эффективные фермы-теплицы

ДЕМОНСТРАЦИОННАЯ ЗОНА — ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДВИЖЕНИЯ  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НОВЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ  
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ВОЛГОГРАДСКОМ РЕГИОНЕ

*Вицков В.В., Центр энергоэффективных технологий и возобновляемой энергии, г. Волгоград*

Растущий рынок энергии требует новых подходов и конкретных решений по внедрению энергоэффективных технологий в том числе нетрадиционных возобновляемых источников энергии.

Целью проекта является создание демонстрационных зон и объектов высокой энергетической эффективности, в которых создаются условия для демонстрации совокупного эффекта применения рыночных механизмов энергосберегающей техники и технологий, совершенствования нормативно-правового обеспечения энергосбережения, решения вопросов стандартизации, сертификации и метрологии, проведения современной политики в области тарифов и налогов, с целью последующего распространения положительного опыта по всей территории Российской Федерации.

Российские демонстрационные зоны высокой энергетической эффективности являются экспериментальными полигонами для отработки организационно-финансовых методов и нормативно-правовой базы федеральной и региональной политики энергосбережения, внедрения энергоэффективных технологий и оборудования.

Инициатива по созданию демонстрационных зон и основной вклад в реализацию демонстрационных проектов вносят администрации регионов, для которых эти проекты являются составной частью программ социально-экономического развития региона.

В связи с ограниченностью запасов ископаемых энергетических ресурсов и для удовлетворения нарастающих потребностей промышленности агропромышленного комплекса и населения в различных видах энергии необходимо более широко использовать энергоэффективные технологии с возобновляемыми источниками энергии. В перспективе это будет способствовать решению таких проблем Волгоградской области, как энергетическая и продовольственная безопасность, энергетическая независимость, экономия топлива для энергетики будущего, сохранение здоровья населения и защита окружаю-

щей среды. Все это предполагает поиск новых направлений в научной и научно-организационной деятельности различных учреждений Волгограда, которые обеспечили бы развитие региона, адекватное мировым тенденциям. На территории Волгоградской области одним из таких направлений является создание энергоэффективных демонстрационных зон. В соответствии с обозначенной выше проблемой, в Волгоградской области начато создание демонстрационной зоны энергоэффективных технологий с возобновляемыми источниками энергии.

Демонстрационная зона (ДЗ) должна играть важную роль в содействии развитию и продвижению новых передовых энергоэффективных технологий возобновляемой и нетрадиционной энергетики с привлечением инвестиций для финансирования приоритетных проектов в энергетическом секторе. Создание региональных технико-внедренческих демонстрационных зон энергоэффективного оборудования и технологий, в том числе с возобновляемыми нетрадиционными источниками энергии и низкопотенциальными источниками теплоты является частью областной целевой программы «Возобновляемая энергетика».

Демонстрационная зона способствует научному обоснованию и решению следующих задач:

1. Энергообеспечение сельских и других удаленных, труднодоступных районов, не подключенных к общим энергосистемам.
2. Снижение энергоемкости производимой в регионе продукции.
3. Увеличение экспортного потенциала региона за счет экспорта энергетического оборудования, использующего возобновляемые источники энергии.
4. Рациональное использование для обучения и переподготовки огромного научно-технического потенциала высших учебных заведений и промышленных предприятий города Волгограда и Волгоградской области.
5. Загрузка свободных производственных мощностей промышленных предприятий региона, создание рабочих мест в сфере произ-

водства оборудования для малой, нетрадиционной и возобновляемой энергетики.

6. Улучшение экологической обстановки, особенно в сельских районах, в местах массового отдыха населения, в рекреационных зонах, в заповедниках, в экологически неблагополучных районах, обладающих достаточными ресурсами возобновляемой энергии.

Деятельность демонстрационной зоны и центра деловых контактов включает в себя показ действующих установок, оборудования и технологий нетрадиционной энергетики, выполнение анализа по конкретным вопросам энергетического характера, исследования, разработку и внедрение нового энергетического оборудования и технологий. Проведение конференций, семинаров, «круглых столов», выставок с публикацией основных результатов, а также мероприятий, направленных на привлечение инвестиций. Внедрение передовых технологий значительно повысит экономическую эффективность и качество продукции, производимой в Волгоградском регионе, позволит увеличить объемы производства, обеспечит безопасность энергоснабжения и сократит до минимума загрязнение окружающей среды.

Созданию ДЗ предшествовала тщательная подготовительная работа в подготовке соглашений, экспозиции и организации.

В 2007 была подписана программа совместных работ ФГОУ ВПО «Волгоградская сельскохозяйственная академия» и ГУ Волгоградской области «Волгоградский центр энергоэффективности» по разработке проекта и организации демонстрационной зоны.

Демонстрационная зона включена в Волгоградскую областную программу по энергосбережению, организовано финансирование данного проекта. Ориентировочно на сегодняшний момент освоено около 20 млн. рублей.

Сегодня создаваемая ДЗ размещается на трех площадках в г. Волгограде:

1. Научно-учебный производственный центр ВГСХА, п. Горная поляна: локальный тепловой генератор, газолучевое отопление, парокапельный энергонагреватель.

2. Лабораторно-клинический корпус ВГСХА г. Волгоград: ветроэнергетическая установка типа SW-2/5, солнечная водонагревательная установка круглогодичного и сезонного действия, биогазовые установки (рис. 1).

3. Волгоградский завод оросительной техники, ветро- энергоустановки.



Рис. 1.

На этих площадках конкретно предлагается целый ряд инновационных разработок и готовых решений обеспечения тепловой и электрической энергией производственных, промышленно-коммунальных и различных других объектов.

На территории лабораторно-клинического корпуса ВГСХА планируется смонтировать установки газолучистого обогрева, фотоэлектрические батареи мощностью 2 кВт, дополнительные солнечные коллекторы для обеспечения горячей водой препараторские ветеринарных кафедр, теплоутилизационное энергосберегающее оборудование.

Кроме того прорабатывается и рассматривается внедрение в г. Камышине миниГЭС мощностью 400 кВт; в г. Волгограде, о. Голодный (очистные сооружения) теплонаносная, ветроэнергетическая, солнечно-водонагревательная установки, мини ГЭС, биогазовая установка и др.

**Новые энергоэффективные технологии — содействие развитию промышленности, АПК и всей экономики региона**

ДЗ не только база для обучения студентов и повышения квалификации кадров, но и развития научных исследований в области энергосбережения, энергоэффективных технологий, инноваций в энергетическом секторе (рис. 2).

Ежегодно в декабре проводятся «Технофорум», выставки: «Энергосбережение и энергоэффективные технологии»; «Регион-электро»; Международная научно-практическая конференция «Энергосберегающие технологии и проблема их эффективного использования».

Ключевые слова: энергоэффективные технологии, возобновляемые источники энергии, демонстрационная зона, безопасность энергоснабжения, оборудование и технологии

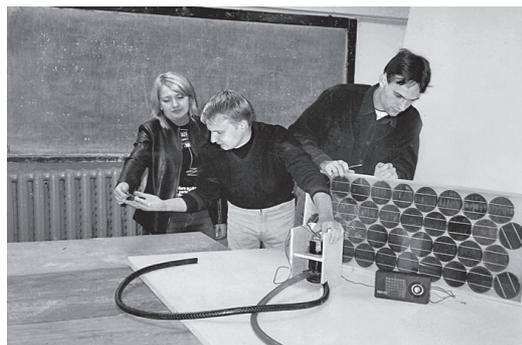


Рис. 2. Практическое занятие в лаборатории

Необходимо разрабатывать комплексные программы внедрения новых и возобновляемых источников энергии с конкретными действиями и механизмами решений. Демонстрационная зона энергоэффективных технологий нетрадиционной энергетики — это вклад в будущее внедрения секторов возобновляемой энергетики в регионах России.

## ОТЕЧЕСТВЕННАЯ БИОЭНЕРГЕТИКА КАК ЭЛЕМЕНТ РАЗВИТИЯ ВНУТРЕННЕГО РЫНКА РОССИИ

*Панцхава Е.С., д. б. н., ЗАО Центр «ЭКОРОС», Москва*

Дезинтеграция СССР и образование новых государств привели к разрушению внутреннего рынка не только бывшего Союза, но и новой России.

Важным условием эффективного функционирования экономики России является работа российской промышленности прежде всего на внутренний рынок. Любая крупная экономика в состоянии устойчиво развиваться только в том случае, если ее промышленность работает в основном на внутренний рынок в условиях растущего внутреннего спроса. Примером может служить экономика США. Когда американская промышленность работала по преимуществу на внутренний рынок, она развивалась. Когда же она, начиная с 80 годов, стала работать в соответствии с принципом: «работать как можно больше на экспорт, а наш рынок пусть обслуживают внешние производители» (то есть в режиме неолиберализма), ее развитие практически остановилось [1].

Кроме того, в современных условиях стагнирующего мирового рынка при наличии на нем сверхсильных конкурентов промышленность России, работающая в экспортном варианте и при открытом собственном рынке, вообще развиваться не может [1].

Отсутствие современного эффективного внутреннего рынка, связывающего все регионы России, площадь которой 1 707 520 км<sup>2</sup>, в 4 раза превышает площадь Европейского Союза (3 980 000 км<sup>2</sup>), привело к резкому снижению сельскохозяйственного производства (по ряду отраслей в 2 – 3 раза) [2], что, в свою очередь, серьезно затронуло общую безопасность России.

В условиях активного перехода к рыночным отношениям Россия поставлена в непосредственную зависимость продовольственного обеспечения жителей страны от импортных поставок. Так, техническая оснащенность растениеводческих отраслей снизилась по сравнению с 1990 г. более чем вдвое, и се-

годня мы уступаем по этому показателю развитым странам Запада примерно в 5 раз [3].

По опыту зарубежных развитых и развивающихся стран биоэнергетика востребована главным образом в агропромышленном комплексе (АПК). Поэтому следует ожидать, что активное развитие биоэнергетики, особенно биогазовых технологий, в России окажет существенное влияние на прогресс в АПК России.

**Биоэнергетика и выполнение национального проекта по развитию АПК России**

Повышение сельскохозяйственного производства, определенное Национальной программой России по сельскому хозяйству, тесно связано с решением отечественных проблем по энергетике, экологии, а также социальных проблем [4]. Выполнение этой программы потребует интенсивного увеличения энергетических мощностей для дальнейшей электрификации и модернизации сельскохозяйственного производства, внедрения комбинированных энергетических технологий на основе использования природного газа, угля и биомассы (органических отходов).

Переработка органических отходов сельскохозяйственного производства и городов в топливо и энергию составляет один из разделов современной энергетике — биоэнергетики. Это направление широко развивается в мире: в странах Евросоюза, США, Японии, Бразилии, Китае, Индии и других — с целью максимального замещения дорогих импортных энергоносителей [4].

Современные проблемы энергетике могут быть решены только при рациональном использовании всех существующих на Земле и околоземном пространстве источников топлива и энергии [5]. Среди них биомасса, как постоянно возобновляемый источник топлива, занимает существенное место [6].

27 стран ЕЭС к 2010 году планируют довести вклад биоэнергетики в общий баланс производства энергии до 12%, а к 2030 г. — 25% транспортного топлива покрывать за счет биотоплива [5].

Современная промышленная биоэнергетика представлена:

**термохимическими технологиями:**

а). Прямое сжигание — получение тепловой и электрической энергии;

б). Производство пеллет — получение тепловой и электрической энергии, сингаза, водорода, жидких нефтеподобных углеводородов;

в). Газификация — получение сингаза, водорода, тепловой и электрической энергии;

г). Пиролиз — получение сингаза, водорода, тепловой и электрической энергии;

д). Фест-пиролиз — жидкие углеводороды;

е). Синтез — получение метанола);

**биотехнологиями:**

а). Производство биоэтанола — транспорт;

б). Производство биодизельного топлива — транспорт;

в). Производство биоводорода — транспорт, получение тепловой и электрической энергии;

г). Производство биогаза — получение тепловой и электрической энергии, транспорт [7, 8, 9, 10, 11].

Может ли биоэнергетика занять соответствующую нишу в общем энергетическом балансе России — стране, занимающей первое место в мире по запасам углеводородного сырья? Да, не только может, но и должна. Особенно в такой важнейшей отрасли народного хозяйства как АПК, который является самым мощным производителем и потребителем органических отходов. Их переработка необходима в целях защиты окружающей среды посредством использования высокорентабельных технологий с целью создания безотходных предприятий АПК с одновременным производством товаров с высокой потребительской стоимостью: твердое, жидкое и газообразное топливо, электрическая и тепловая энергии и высокоэффективные органические удобрения.

Однако энерговооруженность АПК не соответствует современному уровню. До 70% территории России и до 30 – 35% крестьянских и фермерских хозяйств не имеют постоянно централизованного энергоснабжения.

Развитие этой отрасли энергетике в России базируется на трех основных составляющих: масштабной сырьевой базе;

высокорентабельных промышленных технологиях, работающих в любой точке России;

высокоэффективном и надежном оборудовании и его востребованностью на внутреннем рынке.

Россия имеет современные промышленные технологии по переработке биомассы в биотопливо и энергию [12].

Суммарное годовое производство топлив и энергии в России составляет 1385,0 млн. т у.т.

Общее количество органических отходов АПК по факту на 2005 г. составило 624,2 млн. т (225 млн. т по св.) с общим валовым энергосодержанием — 80,6 млн. т у.т. Отходы птицеводства составили 23,1 млн. т (5,8 млн. т сухих веществ — св.) с энергосодержанием — 1,5 млн. т у.т.; отходы животноводства — 349,7 млн. т (58,3 млн. т св.) с энергосодержанием — 17,5 млн. т у.т.; отходы растениеводства — 222,2 млн. т (147,0 млн. т св.) с энергосодержанием — 54,1 млн. т у.т.; отходы перерабатывающей промышленности — 29,2 млн. т (14,0 млн. т св.) с энергосодержанием 7,3 млн. т у.т. [2].

По Федеральным округам суммарное количество органических отходов АПК распределилось: Центральный Федеральный округ (ЦФО) — 96.9 млн. т (15.5%); Северо-Западный Федеральный округ (СЗФО) — 27 млн. т (4.0%); Южный Федеральный округ (ЮФО) — 225 млн. т (36%); Приволжский Федеральный округ (ПФО) — 156.9 млн. т (25%); Уральский Федеральный округ (УФО) — 23.5 млн. т (3.8%); Сибирский Федеральный округ (СФО) — 95.6 млн. т (15.3%); Дальневосточный Федеральный округ (ДФО) — 8.21 млн. т (1.3%).

Ведущими округами по суммарному накоплению органических отходов и их энергосодержанию являются Приволжский, Южный, Центральный и Сибирский Федеральные округа [2].

Современный опыт Китая, Индии, Европейского Союза, США, Бразилии и др. показывает, что активно развивающаяся биоэнергетика не только оказывает огромное влияние на внутренний рынок этих стран, но и способствует его интенсивному развитию.

Широкое использование отечественной биоэнергетики в народном хозяйстве затребовано современной экономикой России, и она может сыграть существенную роль в ускоренном развитии Внутреннего рынка России.

Промышленность — основа экономического потенциала страны. Только конкурентоспособная промышленность в состоянии

обеспечить конкурентоспособность экономики страны в целом.

Результатом создания конкурентоспособной промышленности должно быть развитие внутреннего рынка и рост ВВП. Развитие и внедрение биоэнергетики в экономику России — это дальнейшее развитие среднего и малого бизнеса и внутреннего рынка в целом [12].

В соответствии с Энергетической стратегией России до 2020 г. основной целью энергетической политики является эффективно развивающийся топливно-энергетический комплекс (ТЭК), удовлетворяющий потребностям растущей экономики в энергоресурсах. Главная составляющая энергетической политики — это развитие внутренних топливно-энергетических рынков [13].

Биоэнергетика может стать частью этого рынка, особенно в АПК и ЛПК, объединив интересы сельскохозяйственного производства и лесопромышленного комплекса с рядом отраслей промышленности: горнодобывающей (уголь, железная руда), металлургической (чугун, сталь), машиностроением и т.д.

Влияние развивающейся отечественной биоэнергетики на укрепление и расширение внутреннего рынка будет продемонстрировано на потенциальных возможностях биогазовых технологий на увеличение производства в аграрном секторе экономики и увеличении производства продукции горнодобывающей, металлургической промышленности, в машиностроении.

#### **Биогазовые технологии и развитие внутреннего рынка России**

Приведенные в табл. 1 – 7 данные по анализу потенциальных возможностей влияния массового применения биогазовых технологий, установок, станций и систем по переработке органических отходов животноводства и птицеводства в топливо и энергию, органические удобрения и роли последних в повышении урожая и роста поголовья скота в развитии внутреннего рынка производства: стали, чугуна, кокса, антрацита, добычи железной руды в России, рассчитаны по результатам Российской сельскохозяйственной переписи в 2006 г. [14].

Количество крупных сельскохозяйственных предприятий, имеющих крупный рогатый скот (КРС), — 18,7 тыс., из них 7,9 тыс. имеют свинофермы.

Общее поголовье скота — 11,22 млн. голов, из них — 4,22 млн. коров. Поголовье свиней — 7,9 млн. голов.

На одно хозяйство приходится, в среднем, 600 голов КРС и 1000 голов свиней. Количество крестьянских (фермерских) хозяйств составляет 37 673. Они содержат 979,5 тыс. голов скота, из них коров — 393,7 тыс., свиней — 595,9 тыс. На одно хозяйство приходится — 26 голов КРС и 29 голов свиней. Количество личных подсобных и других индивидуальных хозяйств — 3 766,5 тыс. Им принадлежит 11,299 млн. голов скота, из них КРС — 4939,1 тыс. голов. Поголовье свиней — 8544,8 тысяч голов. Всего по всем категориям хозяйств общее поголовье скота составляет 23,499 млн. голов, из них коровы — 9,553 млн. голов, свиньи — 17,041 млн. голов.

**Переработка отходов животноводства и свиноводства (табл. 1)**

*Биотехнологические и технические характеристики крупных и средних сельскохозяйственных предприятий*

Суточный выход отходов (навоза) в крупных сельскохозяйственных организациях для поголовья КРС — 280 637,5 т/сут., для свиноферм — 31 753,2 т/сут. Всего отходов — 312 390,7 т/сут.

В одном среднестатистическом хозяйстве КРС выделяет 15 т/ отходов в сутки, свиньи — 4,7 т/сут. Всего — 19,7 т/сут.

Для переработки отходов одного среднестатистического хозяйства в биогаз и удобрения необходима биогазовая станция с объемом метантенка-биореактора 400 м<sup>3</sup>. На создание такого биореактора в соответствии с техническими данными компании Конатем [15] будет израсходовано 14,0 т стали. Стоимость такого биореактора — 995,8 тыс. руб.

На все аналогичные российские хозяйства потребуется до 18 700 комплектов биогазовых станций.

Для их создания потребуется до 261,8 тыс. т стали общей стоимостью 18,62 млрд. руб.

Таблица 1

**Потенциальные затраты сырья ( стали, чугуна, кокса, железной руды, антрацита, известняка) и электроэнергии на создание биореакторов-метантенков для биогазовых систем (станций и установок) по переработке отходов животноводства по всем хозяйствам Российской Федерации**

№	Варианты	Тип хозяйства			
		Крупные с/х предприятия	Фермерские, крестьянские	Личные, индивидуальные	Всего
1	Общее количество хозяйств	18,7 тыс.	37,7 тыс.	3766,5 тыс.	3,8 млн.
2	КРС, тыс. голов	11220,0	979,5	11299,0	23499,0
3	Коровы, тыс. голов	4220,0	393,7	4939,1	9553,0
4	Свиньи, тыс. голов	7900,0	595,9	8544,8	17041,0
5	Выход отходов: общее, т/сут.	312,4 тыс.	29,0 тыс.	316,7 тыс.	658,1 тыс.
	На одно хозяйство, т/сут.	16,7	0,766	0,087	—
6	Объем биореакторов		—	—	—
	На одну станцию, установку	400 м <sup>3</sup>	16,0 м <sup>3</sup>	2,0 м <sup>3</sup>	—
	На все хозяйства, м <sup>3</sup>	7,48 млн.	603,2 тыс.	7,6 млн.	15,68 млн.
7	Стоимость всех биореакторов, руб.	18,62 млрд.	5,5 млрд.	60,8 млрд.	84,92 млрд.
8	Общее количество стали, т	261,8 тыс.	65,0 тыс.	855,0 тыс.	1181,8 тыс.
9	Расход электроэнергии на производство стали, кВт ч	2,36 млрд.	585,0 млн.	7,7 млрд.	10,65 млрд.
10	Общее количество чугуна, т	291,4 тыс.	72,345 тыс.	952,0 тыс.	1315,7,0 тыс.
11	Общее количество железной руды, т	1165,6 тыс.	290,07 тыс.	3800,0 тыс.	5256,3 тыс.
12	Общее количество кокса, т	437,1 тыс.	90,4 тыс.	1282,5 тыс.	1810,0 тыс.
13	Общее количество известняка, т	291,4 тыс.	72,345 тыс.	952,0 тыс.	1315,7 тыс.
14	Общее количество антрацита, т	546,4 тыс.	113,0 тыс.	1603,1 тыс.	2262,5 тыс.
15	Общее количество удобрений, т/сут.	312,4 тыс.	29,0 тыс.	316,7 тыс.	658,1 тыс.

На производство указанного количества стали потребуется 291,4 тыс. т жидкого чугуна (на 1 т стали расходуется 1,114 т жидкого чугуна при варке в 100-кубометровых печах) [16, 17]. На весь требуемый чугун необходимо 1165,6 тыс. т железной руды, 437,1 тыс. т кокса и 291,4 тыс. т известняка (на производство 1 т чугуна расходуется: 4 т железной руды, 1,5 т кокса и 1 т известняка). Для производства требуемого количества кокса потребуется 564,4 тыс. т антрацита (на производство 1 т кокса требуется 1,25 т антрацита). Затраты электроэнергии на варку стали составят — 2,36 млрд. кВт·ч. Суточный выход биогаза: на одну станцию — 668 м<sup>3</sup>/сут., на все станции — 12,5 млн. куб. м<sup>3</sup>/сут. Выработка электроэнергии одной биоэнергетической станцией — 1336 кВт·ч/сут.; всеми станциями 25 млн. кВт·ч/сут.; в год — 9,125 млрд. кВт·ч.

Выработка тепловой энергии одной биоэнергетической станцией — 2,24 млн. ккал/сут.; всеми станциями 41,9 млрд. ккал/сут.; в год — 15,3 трлн. ккал = 15 Ркал/год.

Годовое производство электроэнергии из отходов КРС и свиней по всем хозяйствам указанной категории в 3,4 раза будет превосходить количество электроэнергии, требуемой для варки стали в объемах, достаточных для создания биореакторов-метантенков объемом 400 м<sup>3</sup> для всех хозяйств.

Минимальный срок службы таких реакторов не менее 10 лет, то есть общая выработка электроэнергии в 34 раза превосходит ее затраты на производство стали.

Одновременно с биогазом, все биогазовые станции могут производить до 114,4 млн. т высокоэффективных органических удобрений в год (16,7 т в сутки, 6,1 тыс. т в год на одну станцию), что достаточно для обработки от 38,1 млн. га (3 т/га) до 114, млн. га (1 т/га).

Эффективность таких удобрений, получивших товарный знак «БИОУД», в течение 15 лет испытывается на разных сельскохозяйственных культурах Эколого-почвенным Центром «Чашниково» Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова [18] (см. табл. 7).

#### *Фермерские и крестьянские хозяйства*

Общий суточный выход отходов (навоза) в фермерских и крестьянских организациях составляет для КРС — 24,5 тыс. т/сут., свинофермы — 2,4 тыс. т/сут. Всего — 26,9 тыс. т/сут.

В одном хозяйстве на КРС приходится 650 кг/сут., на свиней — 116 кг/сут. Всего — 766 кг/сут.

Для переработки отходов одного средне-статистического хозяйства в биогаз и удобрения необходима биогазовая станция с объемом метантенка-биореактора 16 м<sup>3</sup>. На создание такого биореактора будет израсходовано 1,8 т стали. Его стоимость — 128 тыс. руб.

На все аналогичные российские хозяйства потребуется до 36 тыс. комплектов биогазовых установок. Для их создания потребуется до 65 тыс. т стали общей стоимостью 4,6 млрд. руб. На производство указанного количества стали потребуется 72,345 тыс. т жидкого чугуна. На весь требуемый чугун потребуется 290 тыс. т железной руды, 90,4 тыс. т кокса и 72,35 тыс. т известняка. Для производства требуемого количества кокса потребуется 113,0 тыс. т антрацита. Затраты электроэнергии на варку стали составят — 585 млн. кВт·ч. Суточный выход биогаза: на одну станцию — 31 м<sup>3</sup>/сут., на все станции — 1,116 млн. м<sup>3</sup>/сут.

Выработка электроэнергии на одну установку — 62 кВт·ч/сут.; на все установки — 2,23 млн. кВт·ч/сут.; в год — 815 млн. кВт·ч

Выработка тепловой энергии — 104 тыс. ккал/сут. на 1 установку и 3,4 млрд. ккал/сут.; в год — 1,4 трлн. ккал.

Годовое производство электроэнергии из отходов КРС и свиней по всем хозяйствам указанной категории в 1,4 раз будет превосходить количество электроэнергии, требуемой для варки стали в объемах, достаточных для создания биореакторов-метантенков для всех хозяйств объемом 16 м<sup>3</sup> каждый.

Минимальный срок службы таких реакторов не менее 10 лет, то есть общая выработка электроэнергии в 14 раз превосходит ее затраты на производство стали.

Одновременно с биогазом все биогазовые установки могут производить до 10,0 млн. т в год высокоэффективных органических удобрений (766 кг /сут., 280 т в год на одну станцию), что достаточно для обработки от 3,3 млн. га (3 т/га) до 10 млн. га (1 т/га).

#### *Личные и индивидуальные хозяйства*

Общий суточный выход отходов (навоза) в личных и индивидуальных хозяйствах составляет для КРС — 282,5 тыс. т/сут., сви-

ноферм — 34,2 тыс. т/сут. Всего — 316,7 тыс. т/сут. В одном хозяйстве на КРС приходится 75 кг/сут., на свиней — 12 кг/сут. Всего — 87 кг/сут.

Для переработки отходов одного средне-статистического хозяйства в биогаз и удобрения необходима биогазовая станция с объемом метантенка-биореактора 2,0 м<sup>3</sup>. На создание такого биореактора будет израсходовано 0,225 т стали. Стоимость такого биореактора — 16 тыс. руб. На все аналогичные российские хозяйства потребуется до 3,77 млн. комплектов биогазовых установок. Для их создания потребуется до 0,855 млн. т стали стоимостью 60,8 млрд. руб. На производство указанного количества стали потребуется 0,952 млн. т жидкого чугуна. На весь требуемый чугун — 3,8 млн. т железной руды, 1,07 млн. т кокса и 0,95 млн. т известняка. Для производства требуемого количества кокса потребуется 1,34 млн. т антрацита. Затраты электроэнергии на варку стали составят — 7,7 млрд. кВт·ч. Суточный выход биогаза: на одну станцию — 3,5 м<sup>3</sup>/сут., на все станции — 13,12 млн. м<sup>3</sup>/сут., 4,8 млрд. м<sup>3</sup>/год. Выработка электроэнергии на одну установку — 7,0 кВт ч/сут.; на все установки — 26,4 млн. кВт·ч/сут.; в год — 9,64 млрд. кВт·ч. Выработка теп-

ловой энергии — 11,7 тыс. ккал/сут. на 1 установку и 44,2 млрд. ккал /сут. на все установки; в год — 16 134 млрд. ккал.

Таким образом, годовое производство электроэнергии из отходов КРС и свиней по всем хозяйствам указанной категории в 1,4 раз превосходит количество электроэнергии, требуемой для варки стали в объемах, достаточных для создания биореакторов-метантенков для всех хозяйств объемом 2,0 м<sup>3</sup> каждый.

Минимальный срок службы таких реакторов не менее 10 лет, то есть общая выработка электроэнергии в 14 раз превосходит ее затраты на производство стали.

Одновременно с биогазом все биогазовые установки могут производить до 115,6 млн. т в год высокоэффективных органических удобрений (90 кг в сутки, 32,9 т в год на одну станцию), что достаточно для обработки от 38, 5 млн.га (3 т/га) до 115,0 млн. га (1 т/га) посевных площадей.

#### Переработка отходов птицеводства

Как показано в табл. 2, количество крупных сельскохозяйственных предприятий, имеющих птицефермы, составляет — 18,7 тыс. Общее поголовье птицы — 244,666 млн. голов. На одно хозяйство приходится, в среднем, 13,0 тыс. голов. Количество крестьянских (фермерских) хозяйств

Таблица 2

**Потенциальные затраты сырья (стали, чугуна, кокса, железной руды, антрацита, известняка) и электроэнергии на создание биореакторов-метантенков для биогазовых систем (станций и установок) по переработке отходов птицеводства по всем хозяйствам Российской Федерации**

№	Варианты	Тип хозяйства			Всего
		Крупные с/х предприятия	Фермерские, крестьянские	Личные, индивидуальные	
1	Общее количество хозяйств	18 700	37 700	3 766 500	3 8000 000
2	Птица, тыс. голов	244 666,6	3056,7	143014,1	391160
	Выход отходов: общее, тыс. т/сут.	48,9	0,611	28,3	77,86
3	На одно хозяйство, т/сут.	2,62	0,016	0,0075	—
4	Объем биореакторов, м <sup>3</sup>	—	—	—	—
	На одну станцию, установку	90	0,5	0,23	—
	На все хозяйства, млн. м <sup>3</sup>	1,7	0,019	1,13	2,85
5	Стоимость всех биореакторов, млрд. руб.	6,2	0,0638	3,8	10,06
6	Общее количество стали, тыс. т	(4,6Т) 86.	(0,019)0,741	(0,033)45,2	132,0
7	Расход электроэнергии на производство стали, млн. кВт час	774	6,7	406,8	1187,5
8	Общее количество чугуна, тыс. т	95,95	0,825	50,3	147,1
9	Общее количество железной руды тыс. т	383,8	3,3	201,1	588,2
10	Общее количество кокса, тыс. т	143,9	1,24	63,0	208,1
11	Общее количество известняка, тыс. т	95,95	0,825	50,3	147,1
12	Общее количество антрацита, тыс. т	179,9	1,55	78,7	260,1
13	Общее количество удобрений, тыс. т/сут	48,9	0,611	28,3	77,86

составляет 37 673 тыс. Они содержат 3,06 млн. голов птицы. Количество личных подсобных и других индивидуальных хозяйств — 3766,5 тыс. Им принадлежит 143,0 млн. голов птицы. Всего по всем категориям хозяйств общее поголовье птицы составляет 391,160 млн. голов.

*Биотехнологические и технические характеристики крупных и средних сельскохозяйственных предприятий*

Суточный выход отходов (помета) в крупных сельскохозяйственных организациях составляет 48,9 тыс. т/сут. В одном среднестатистическом хозяйстве выход помета составляет 2,6 т/сут.

Для переработки отходов одного среднестатистического хозяйства в биогаз и удобрения необходима биогазовая станция с объемом метантенка-биореактора 90 м<sup>3</sup>. На создание такого биореактора будет израсходовано 4,6 т стали. Стоимость такого биореактора — 330 тыс. руб.

На все аналогичные российские хозяйства потребуется до 18 700 комплектов биогазовых станций. Для их создания потребуется до 86,0 тыс. т стали общей стоимостью 6,2 млрд. руб. На производство указанного количества стали потребуется 95,95 тыс. т жидкого чугуна. На весь требуемый чугун — 383,8 тыс. т железной руды, 149,3 тыс. т кокса и 95,95 тыс. т известняка. Для производства требуемого количества кокса потребуется 179,9 тыс. т антрацита. Затраты электроэнергии на варку стали составят — 774 млн. кВт·ч.

Суточный выход биогаза: на одну станцию — 260 м<sup>3</sup>/сут., на все станции — 4,9 млн. м<sup>3</sup>/сут.; в год — 1,79 млрд. м<sup>3</sup>.

Выработка электроэнергии — 520 кВт·ч/сут.; 9,8 млн. кВт·ч/сут.; в год — 3,6 млрд. кВт·ч

Выработка тепловой энергии 870 тыс. ккал/сут. на 1 станцию и 16,3 млрд. ккал/сут.; в год — 5,9 трлн. ккал = 5,9 Ркал/год.

Годовое производство электроэнергии из отходов КРС и свиней по всем хозяйствам указанной категории в 4,65 раз будет превосходить количество электроэнергии, требуемой для варки стали в объемах, достаточных для создания общего количества биореакторов-метантенков объемом 90 м<sup>3</sup> для каждого хозяйства. Минимальный срок службы таких реакторов не менее 10 лет, то есть общая

выработка электроэнергии в 46,5 раз превосходит ее затраты на производство стали.

Одновременно с биогазом, все биогазовые станции могут производить до 17,8 млн. т в год высокоэффективных органических удобрений (2,6 т в сутки, 950 т в год на одну станцию), что достаточно для обработки от 5,9 млн. га (3 т/га) до 17,8 млн. га (1 т/га) посевных площадей.

*Фермерские и крестьянские хозяйства*

Общий суточный выход отходов (помета) в фермерских и крестьянских хозяйствах составляет для 611 т/сут. В одном хозяйстве — 16 кг/сут. Для переработки отходов одного среднестатистического хозяйства в биогаз и удобрения необходима биогазовая установка с объемом метантенка-биореактора 0,5 м<sup>3</sup>. На создание такого биореактора будет израсходовано 0,0195 т стали. Стоимость такого биореактора — 1,68 тыс. руб.

На все аналогичные российские хозяйства потребуется до 38 тыс. комплектов биогазовых установок. Для их создания потребуется до 741 т стали общей стоимостью 63,8 млн. руб.

На производство указанного количества стали потребуется 825 т жидкого чугуна. На весь требуемый чугун — 3,3 тыс. т железной руды, 1,24 тыс. т кокса и 825 т известняка. Для производства требуемого количества кокса потребуется 1,55 тыс. т антрацита. Затраты электроэнергии на варку стали составят — 6,7 млн. кВт·ч. Суточный выход биогаза на одну станцию — 1,6 м<sup>3</sup>/сут., на все станции — 61 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Выработка электроэнергии на одну установку — 3,2 кВт·ч/сут.; на все установки — 121,6 тыс. кВт·ч/сут.; в год — 44,4 млн. кВт·ч.

Выработка тепловой энергии — 5,4 тыс. ккал/сут. на 1 установку и 200,0 млн. ккал/сут.; в год — 74,0 млрд. ккал.

Годовое производство электроэнергии из помета птицы по всем хозяйствам указанной категории в 6,6 раз будет превосходить количество электроэнергии, требуемой для варки стали, в объемах достаточных для создания биореакторов-метантенков для всех хозяйств объемом 1,0 м<sup>3</sup> каждый.

Минимальный срок службы таких реакторов не менее 10 лет, то есть общая выработка электроэнергии в 66 раз превосходит ее затраты на производство стали.

Одновременно с биогазом все биогазовые установки могут производить до 223,0 тыс. т

в год высокоэффективных органических удобрений (16 кг /сут., 5,80 т в год на одну станцию), что достаточно для обработки от 74 тыс. га (3 т/га) до 223 тыс. га (1 т/га) посевных площадей.

*Личные и индивидуальные хозяйства*

Общий суточный выход отходов (помета) в личных и индивидуальных хозяйствах составляет 28,3 тыс. т/сут. В одном хозяйстве — 7,5 кг/сут. Для переработки отходов одного среднестатистического хозяйства в биогаз и удобрения необходима биогазовая станция с объемом метантенка-биореактора 0,3 м<sup>3</sup>. На создание такого биореактора будет израсходовано 0,012 т стали. Стоимость такого биореактора — 1,0 тыс. руб. На все аналогичные российские хозяйства потребуется до 3,77 млн. комплектов биогазовых установок. Для их создания потребуется до 45,2 тыс. т стали стоимостью 3,8 млрд. руб. На производство указанного количества стали потребуются 50,3 тыс. т жидкого чугуна. На весь требуемый чугун — 201,2 тыс. т железной руды, 75,45 тыс. т кокса и 50,3 тыс. т известняка. Для производства требуемого количества кокса потребуется 94,3 тыс. т антрацита. Затраты электроэнергии на варку стали составят — 406,8 млн. кВт·ч. Суточный выход биогаза на одну станцию — 0,75 м<sup>3</sup>/сут., на все станции — 2,8 млн. м<sup>3</sup>/сут., 1,02 млрд. м<sup>3</sup>/год. Выработка электроэнергии на одну установку — 1,5 кВт·ч/сут.; на все установки 5,65 млн. кВт·ч/сут.; в год — 2,06 млрд. кВт·ч.

Выработка тепловой энергии — 2,5 тыс. ккал/сут. и на 1 установку и 9,4 млн. ккал/сут. на все установки; в год — 3,43 млрд. ккал.

Таким образом, годовое производство электроэнергии из отходов птицы по всем хозяйствам указанной категории в 5 раз превосходит количество электроэнергии, требуемой для варки стали в объемах, достаточных для создания биореакторов-метантенков для всех хозяйств объемом 0,5 м<sup>3</sup> каждый.

Минимальный срок службы таких реакторов не менее 10 лет, то есть общая выработка электроэнергии в 50 раз превосходит ее затраты на производство стали.

Одновременно с биогазом все биогазовые установки могут производить до 28,3 тыс. т в год высокоэффективных органических удобрений, что достаточно для обработки от

9,4 тыс. га (3 т/га) до 28,3 тыс. га (1 т/га) посевных площадей.

*Потенциальные потребности производства биореакторов-метантенков в сырье и металле*

Общее потенциальное количество биореакторов-метантенков, необходимых для переработки всех образуемых отходов в животноводстве, свиноводстве и птицеводстве по хозяйствам всех видов собственности может составить до 3,8 млн. комплектов: для крупных сельскохозяйственных предприятий — 18,7 тыс. при общем объеме 7,48 млн. м<sup>3</sup>, для фермерских и крестьянских — 37,7 тыс. при общем объеме — 603 тыс. м<sup>3</sup>, для личных и индивидуальных — 3,77 млн. при общем объеме — 7,6 млн. м<sup>3</sup>.

На создание такого количества и такого общего объема биореакторов-метантенков потребуется до 1313,7 тыс. т стали: 1181,8 тыс. т для животноводства и 131,9 тыс. т для птицеводства (табл. 3). Для производства такого количества стали понадобится 1463,0 тыс. т чугуна: 1315,75 тыс. т — для животноводства, 147,1 тыс. т — для птицеводства, и 11,83 млрд. кВт·ч электроэнергии: 8,29 млрд. кВт·ч для животноводства и 1,188 млрд. кВт·ч для птицеводства (табл. 3).

Потребность в железной руде составит — 5,81 млн. т: 5,26 млн. т для животноводства и 588 тыс. т — для птицеводства, в коксе — 2,144 млн. т: 1,81 млн. т для животноводства и 339,5 тыс. т — для птицеводства, в известняке — 1462,9 тыс. т: 1315,75 тыс. т для животноводства и 147 тыс. т — для птицеводства. Для производства такого количества кокса необходимо добыть до 2,52 млн. т антрацита: 2,26 млн. т для животноводства и 260 тыс. т — для птицеводства.

Широкое внедрение биогазовых (биоэнергетических) станций и установок в общее сельскохозяйственное производство России может создать и расширить дополнительный внутренний рынок, связывающий потребности сельского хозяйства в энергетике с горнодобывающей, угольной, металлургической и машиностроительной отраслями отечественной экономики. Финансовые показатели такого рынка только по производству биореакторов-метантенков (без когенерационных установок) могут составить, в целом, 95,0 млрд. руб.

Таблица 3

**Потенциальные затраты сырья (стали, чугуна, кокса, железной руды, антрацита, известняка) и электроэнергии на создание биогазовых систем (станций и установок) для переработки отходов животноводства и птицеводства по всем хозяйствам Российской Федерации**

№	Варианты	Тип хозяйства			Всего
		Крупные с/х предприятия	Фермерские, крестьянские	Личные, индивидуальные	
1	Общее количество хозяйств	18 700	37 700	3 766 500	3 8000 000
2	Стоимость всех биореакторов, млрд. руб.	24,82	5,56	64,6	95,0
	Животноводство	18,62	5,5	60,8	84,92
	Птицеводство	6,2	0,0638	3,8	10,0
3	Общее количество стали, тыс. т	347,8	65,741	900,2	1313,7
	Животноводство	261,8	65,0	855,0	1181,8
	Птицеводство	86	0,741	45,2	131,9
4	Расход электроэнергии на производство стали, млрд. кВт час	3,134	0,592	8,1	11,83
	Животноводство	2,36	0,585	7,7	10,65
	Птицеводство	0,774	0,0067	0,4068	1,188
5	Общее количество чугуна, тыс. т	387,4	73,17	1002,3	1463,0
	Животноводство	291,4	72,345	952,0	1315,75
	Птицеводство	95,95	0,825	50,3	147,1
6	Общее количество железной руды, тыс. т	1549,4	294,0	4001,1	5844,5
	Животноводство	1165,6	290,7	3800,0	5256,3
	Птицеводство	383,8	3,3	201,1	588,2
7	Общее количество кокса, тыс. т	581,0	91,64	1471,8	2144,4
	Животноводство	437,1	90,4	1282,25	1810,0
	Птицеводство	143,9	1,24	189,3	339,5
8	Общее количество известняка, тыс. т	387,4	73,17	1002,3	1462,9
	Животноводство	291,4	72,34	952	1315,75
	Птицеводство	95,95	0,825	50,3	147,1
9	Общее количество антрацита, тыс. т	726,3	114,6	1681,9	2522,8
	Животноводство	546,4	113,0	1603,1	2262,5
	Птицеводство	179,9	1,55	78,75	260,2

**Потенциальные возможности производства газообразного топлива и энергии**

Для переработки всех отходов, образуемых в животноводстве и птицеводстве в хозяйствах всех категорий собственности в биогаз и удобрения, потребуется создать и ввести в эксплуатацию около 3,8 млн. биогазовых станций и установок. Общий выход биогаза ежегодно будет составлять почти 12,5 млрд. м<sup>3</sup>, что эквивалентно более 8,92 млн. т у. т./г (табл. 4).

Только животноводческие комплексы крупных хозяйств смогут производить до 4,56 млрд. м<sup>3</sup> биогаза в год, что эквивалентно 3,26 млн. т у. т./г, или 46,6% от количества энергоресурсов, потребляемых современным российским животноводством (7,0 млн. т у. т.) или 27% энергоресурсов от суммарного их потребления на производственные цели в сельском хозяйстве.

Потребления электрической энергии в животноводстве составляет 13... 14 млрд. кВт·ч/г или 62...64% от общего потребле-

ния (20,3...22,7 млрд. кВт·ч) на производственные цели в сельском хозяйстве в последние годы [18].

При переводе потенциальных объемов биогаза, получаемого при переработке отходов животноводства в электроэнергию с помощью когенерационных энергоустановок, можно в год вырабатывать до 9,1 млрд. кВт·ч/г (одно хозяйство — почти 490 тыс. кВт·ч/год), что может составить 65% от всей используемой в животноводстве электроэнергии. Общее потенциальное количество электроэнергии, которое может быть получено при переработке всего производимого объема биогаза, может составить до 25,5 млрд. кВт·ч/г, что на 2,8 — 5,2 млрд. кВт·ч/г больше, чем потребляет современное сельское хозяйство России, или может составить 111 — 126% от современного уровня потребления.

Технологические и организационно-экономические особенности производства в жи-

Таблица 4

*Потенциальные ресурсы производства топлива (биогаза), электрической и тепловой энергии и замещения моторного топлива при переработке отходов животноводства и птицеводства методами биогазовой технологии по всем хозяйствам Российской Федерации*

№	Варианты	Тип хозяйства			Всего
		Крупные с/х предприятия	Фермерские, крестьянские	Личные, индивидуальные	
1	Общее количество хозяйств	18 700	37 700	3 766 500	3 800 000
	Общее количество отходов, тыс. т/сут.	361,3	29,611	345,3	736,2
	Животноводство, тыс. т/сут.	312,4	29,0	316,7	658,1
	На одно хозяйство, т/сут.	16,7	0,766	0,087	
	Птицеводство тыс. т/сут	48,9	0,611	28,6	78,11
	На одно хозяйство, т/сут.	2,62	0,016	0,0076	
2	Выход биогаза, млн. м <sup>3</sup> /г.	6351,0	407,36	5668,0	12426,4
	Животноводство, млн. м <sup>3</sup> /г	4562,5	407,34	4624,0	9594,0
	На одно хозяйство, млн. м <sup>3</sup> /г	243,8	11,3	1,314	–
	Птицеводство, млн. м <sup>3</sup> /г	1788,5	0,0223	1044,0	2832,5
	На одно хозяйство, млн. м <sup>3</sup> /г	95,63	0,584	0,2774	–
3	Производство электроэнергии, млрд. кВт ч/г	12,705	0,86	11,98	25,545
	Животноводство, млрд. кВт ч/г	9,125	0,815	9,89	19,83
	На одно хозяйство, тыс. кВт ч/г	487,6	22,63	2,628	–
	Птицеводство, млрд. кВт ч/г	3,58	0,0446	2,09	5,7146
	На одно хозяйство, тыс. кВт ч	191,3	1,168	0,555	
4	Производство тепловой энергии, Ркал/г	21,3	1,476	20,2	43,0
	Животноводство Ркал/г (10 <sup>15</sup> )	15,3	1,4	16,7	33,4
	На одно хозяйство, Ткал/г (10 <sup>12</sup> )	816,7	38,0	4,4	–
	Птицеводство Ркал/г (10 <sup>15</sup> )	6,0	0,076	3,5	9,58
	На одно хозяйство, Гкал/г.	320,4	2,0	0,93	–
5	Замещение моторного топлива, млн. т/г.	3,19	0,200011	2,822	6,21
	Животноводство, млн. т/г.	2,3	0,2	2,3	4,8
	На одно хозяйство, т/г.	121,9	5,65	0,66	
	Птицеводство, тыс. т/г.	890,0	0,011	522,0	1412,0
	На одно хозяйство, т (кг)	47,8	0,292	0,139	–

вотноводстве обусловили электрическую энергию в качестве основной энергетической базы механизации и автоматизации отрасли. Здесь она является не только энергетической базой создания машинных технологий и поточных линий выполнения процессов операций, но применяется непосредственно в осуществлении технологий — облучение, лечение маститов, обеспечение микроклимата, озонирование и обеззараживание воздуха, охлаждение продукции и т. п. [18].

Одновременно с электроэнергией крупные хозяйства смогут получать тепловую энергию в количестве 21,3 млн. Гкал/г (одно хозяйство — 816 Гкал/г).

Биогаз может также быть использован в качестве моторного топлива. Потенциальный объем такого замещения только по животноводству и птицеводству крупных хозяйств составит 3,19 млн. т/год или около

46% от моторного топлива, потребляемого всем АПК России.

Таким образом, широкое внедрение биогазовых систем только в отечественное животноводство, включая свиноводство, позволит в ближайшем будущем создать отрасль с высоким уровнем механизации и энергосбережения, что, безусловно, положительно отразится на ее экономическом состоянии и делает ее более конкурентоспособной.

*Потенциальные возможности биогазовых технологий по производству высокоэффективных органических удобрений* (табл. 5, 6)

Результаты исследования, проводимые с биоорганическими удобрениями класса «БИОУД» в течение 15 лет Эколого-почвенным Центром «Чашниково» МГУ им. Ломоносова, представлены в табл. 7. Постоянный широкий спрос на эти удобрения на внутреннем рынке показывает и подтверж-

Таблица 5

**Потенциальные ресурсы производства экологически чистых, высокоэффективных органических удобрений из отходов животноводства (КРС и свиньи) и птицеводства при использовании биогазовых технологий по всем хозяйствам Российской Федерации, масштабов применения и влияния на повышение урожая**

№	Варианты	Тип хозяйства			Всего
		Крупные с/х предприятия	Фермерские, крестьянские	Личные, индивидуальные	
1	Общее количество хозяйств	18 700	37 700	3 766 500	3 8000 000
2	Общее количество отходов, тыс. т/сут.	361,3	29,611	345,3	736,2
	Животноводство, тыс. т/сут.	312,4	29,0	316,7	658,1
	На одно хозяйство, т/сут.	16,7	0,766	0,087	
	Птицеводство, тыс. т/сут.	48,9	0,611	28,6	78,11
	На одно хозяйство, т/сут.	2,62	0,016	0,0076	
3	Общее производство удобрений. млн. т/г.	131,8	10,77	126,04	268,71
	По животноводству, млн. т/г.	114,03	10,55	115,6	240,2
	На одно хозяйство, тыс. т/г.	6,1	0,28	0,033	
	По птицеводству, млн. т/г.	17,8	0,223	10,44	28,46
	На одно хозяйство, т/г.	956,3	5,84	2,8	
4	Количество обрабатываемой пашни, млн. га (1 – 3 т/га)	43,9 – 131,8	3,69 – 10,77	42,09 – 126,04	89,59 – 268,6
	По животноводству, млн. га	38,09 – 114,03	5,529 – 10,55	38,59 – 115,6	82,09 – 240,2
	На одно хозяйство, тыс. га	2,09 – 6,1	0,099 – 0,28	0,0119 – 0,033	–
	По птицеводству, млн. га	5,939 – 17,8	0,0749 – 0,223	3,489 – 10,44	9,489 – 28,46

Таблица 6

**Потенциальные возможности повышения урожая различных сельскохозяйственных культур при применении органических удобрений класса «Биоуд-1» в растениеводческих хозяйствах Российской Федерации**

№	Варианты	Тип хозяйства			Всего
		Крупные с/х предприятия	Фермерские, крестьянские	Личные, индивидуальные	
1	Общее количество хозяйств, тыс.	59,0	285,0	24250,0	24594,0
2	Земельная площадь на одно хозяйство, га	6929,0	103,0	0,4	
3	Общая земельная площадь, млн. га Из них:	410,3	29,4	9,7	450,6
4	Сельскохозяйственные угодья, млн. га	132,3	24,1	8,8	166,0
5	Пашня, млн. га	82,2	16,7	2,8	102,1
6	Площадь зернобобовых культур, млн. га	34,35	9,015	0,343	43,71
	Дополнительный урожай, млн.т/г (+15%) (22Ц/ГА)	11,75	3,065236	0,116586	14,931822
7	Площадь посадки картофеля, тыс. га	154,0	79,1	1618,4	2120,0
	Дополнительный урожай, т/г (+19%) (17,7Т/ГА)	517440,0	265776,0	5437824,0	6221040,0
8	Площадь посадки томатов, тыс. га	7,9	12,9	72,7	108,5
	Дополнительный урожай т/г (+23%) (40 т/га)	72680,0	118680,0	668840,0	860200,0
9	Площадь посадки кормовых трав, тыс. га	17833,5	1242,2	391,6	19467,7
	Дополнительный урожай зеленой массы, млн. т/г (+36%) (26,5т/га)	170,0	11,8	3,74	185,54
	Или дополнительный урожай сена, млн. т/г	33,7	2,35	0,74	36,79
10	Площадь посадки сахарной свеклы (фабричная), тыс. га	852,7	138,8	4,0	995,5
	Дополнительный урожай, млн.т/г (+19)	4,54 (28т/га)	0,7384	0,2128	5,49
11	Дополнительный выход сахара, тыс. т/г	680,0	111,0	3,83	794,83
	Дополнительный выход патоки, тыс. т/г	270,0	37,0	0,574	307,6
	Дополнительный выход жмыха, тыс. т/г	270,0	37,0	0,574	307,6

дает их высокое качество, что делает удобрения класса «БИОУД» не только высококонкурентными по отношению к минеральным удобрениям, но и способными их заменить. При высокой стоимости минеральных удобрений и большими затратами электроэнергии на их производство эта замена может оказать существенное влияние на финансовые показатели в растениеводстве и снижение энергозатрат при уменьшении производства минеральных удобрений для внутреннего рынка.

При норме внесения аммиачной селитры 250 кг/га на всю российскую пашню (102 млн. га) необходимо вносить ежегодно около 25 млн. т. Общая стоимость при цене в 2008 г. 8800 руб./т составит 220 млрд. руб., что почти в 6 раз больше, чем стоимость всех биореакторов-метантенков (92,4 млрд. руб.), (см. табл. 3). За 10 лет (минимальный срок эксплуатации биореакторов-метантенков) эта сумма составит 2,2 трлн. руб. (в России на производство 1 т аммиака расходуется до 1,2 тыс. м<sup>3</sup> природного газа). На производство 25 млн. т аммиачной селитры будет затрачено 6,75 млрд. м<sup>3</sup> природного газа, в течение 10 лет — 67,5 млрд. м<sup>3</sup>. Все сельскохозяйственные предприятия за этот же период смогут получить до 124,0 млрд. м<sup>3</sup> биогаза, что эквивалентно 74,7 млрд. м<sup>3</sup> природного газа.

Производство органических удобрений по биогазовым технологиям приведет не только к повышению урожая сельскохозяйственных культур, включая продовольственные, но и позволит сэкономить и направить на другие нужды значительные количества природного газа.

При применении удобрений класса «БИОУД» во всех сельскохозяйственных пред-

приятиях можно получить дополнительно не менее:

1). 14,9 млн. т зернобобовых (средний урожай пшеницы — 22 ц/га) + дополнительный урожай — 15% (3,4 ц/га); по крупным хозяйствам — 11,75 млн. т; по фермерским — 3,06 млн. т;

2). 7,13 млн. т картофеля (средний урожай — 17,7 т/га) + дополнительный урожай 19% (3,36 т/га); по крупным хозяйствам — 517 тыс. т; по фермерским — 265 тыс. т; по личным — 5,4 млн. т; некоммерческим объединениям — 904 тыс. т;

3). 998 тыс. т томатов (средний урожай — 40 т/га) + дополнительный урожай — 23% (9,2 т/га) + 73 тыс. т — крупные хозяйства + 670 тыс. т — личные хозяйства + 119 тыс. т — фермерские хозяйства + 140 тыс. т — некоммерческие объединения;

4). Кормовых трав: зеленой массы — 185,7 млн. т или сена — 36,8 млн. т (средний урожай зеленой массы — 265 ц/га, сена — 52,5 ц/га) + дополнительный урожай — 36% (зел. масса + 95,4 ц/га, сено + 18,9 ц/га) + 170 млн. т зеленой массы, или + 3,7 млн. т сена (крупные хозяйства) + 11,8 млн. т зеленой массы, или + 2,35 млн. т сена (фермерские хозяйства) + 74 млн. т зеленой массы или + 740,0 тыс. т сена (личные хозяйства);

5). Сахарной свеклы (фабричной) — 53 млн. т (средний урожай 280 ц/га) + дополнительный урожай — 19% (53,2 ц) + 4,54 млн. т (сахар + 680 тыс. т, 18% сод. сахара) + 270 тыс. т патоки + 270 тыс. т жмыха (крупные хозяйства) + 738,4 тыс. т (сахар + 111 тыс. т) + 37 тыс. т патоки + 37 тыс. т жмыха (фермерские хозяйства) (табл. 7).

Таблица 7

Влияние удобрений «Биоуд-1» на разные культуры

Культура	Концентрация «БИОУД»	Прирост урожая, %	Контроль, ц/га	Прирост, т/га	Стоимость дополнительного урожая
Яровая пшеница	Азот 30 кг/га	15 – 16	25,1	0,39	
Вико-овсяная смесь	1 : 20	36,4			
	1 : 10	28,4			
Картофель, сорт Невский	1 : 20	3,5	360,0	1,25	3,5 млн. руб. 70 га
	1 : 10	18,9		6,8	19,0 млн. руб. 70 га
Томаты, сорт Москвич:	1 : 5	23,0	21,1	48,0	960 тыс. руб
Масса плода		54,4 г.	43,8 г.		1 кг/м <sup>2</sup>

Применение органических удобрений класса «БИОУД» в растениеводстве позволит получить значительную прибавку зернобобовых, картофеля, томатов и сахарной свеклы, что расширит внутренний рынок их реализации как пищевых продуктов, и дополнительно расширит мощности перерабатывающей промышленности, а также позволит повысить экономическую связь между сельским хозяйством и перерабатывающей промышленностью внутреннего рынка России.

При получении дополнительного урожая зернобобовых в сельскохозяйственных предприятиях можно дополнительно содержать до 9,4 млн. голов КРС, из них — 3,76 млн. голов коров и произвести дополнительно 15 млн. т молока в год. В фермерских хозяйствах — до 2,5 млн. голов КРС, из них около 1 млн. голов коров, что даст в год дополнительно 4 млн. т молока. В личных хозяйствах — 93 тыс. голов КРС; коров — 37,2 тыс. голов — дополнительно — 148 тыс. т молока, всего молока —

19,148 млн. т. При общем современном производстве 32,55 млн. т/г.

Переработка этого количество молока позволит дополнительно получить: цельномолочной продукции — 5,3 млн. т/г (при современном производстве — 9,0 млн. т/год), сыров 207 тыс. т/год (347,9 тыс. т/г), сливочного масла — 153 тыс. т/г (276,2 тыс. т/г) [19].

Таким образом, активное внедрение биогазовых технологий во все категории хозяйств отечественного животноводства и птицеводства приведет не только к расширению внутреннего рынка, связывающего экономически такие отрасли экономики, как сельскохозяйственное производство, горнодобывающую и металлургическую промышленность, машиностроение, перерабатывающую и пищевую промышленность, но и к повышению эффективности сельскохозяйственного производства, что сделает последнее экономически сильным и конкурентоспособным как на внутреннем, так и внешнем рынках (рис. 1).

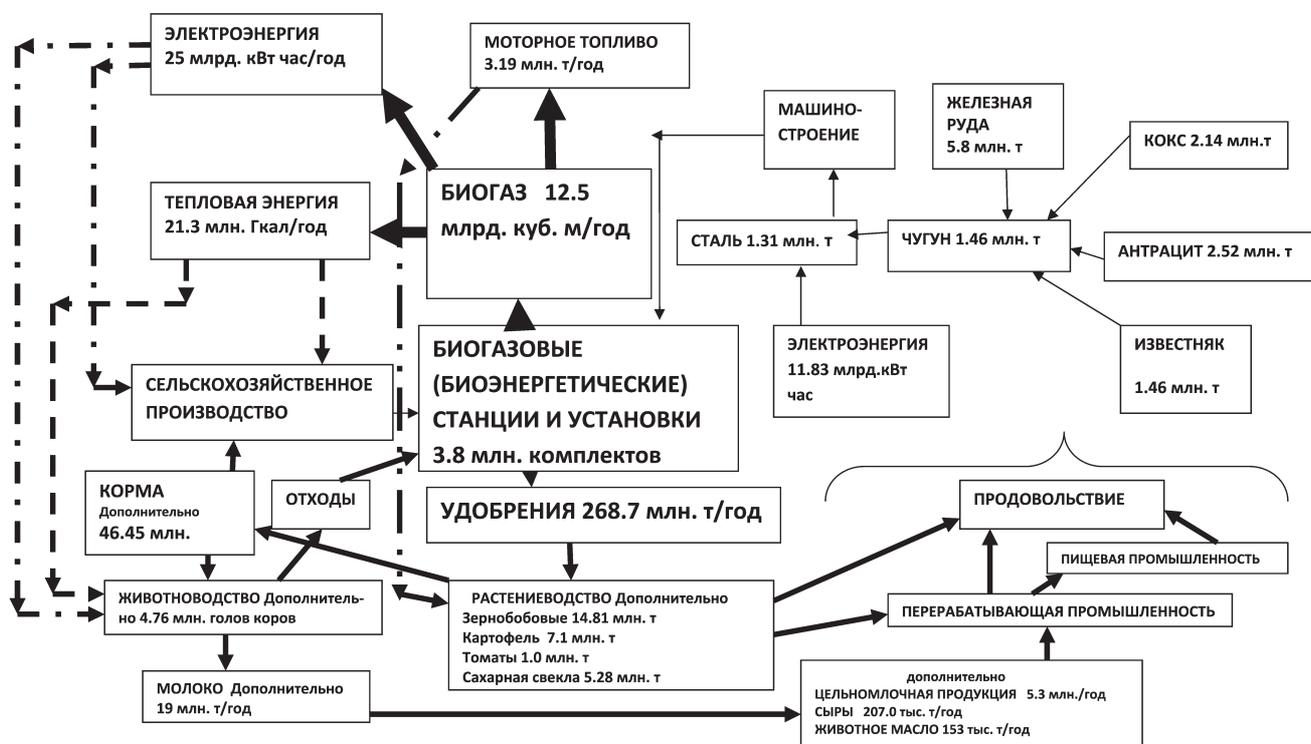


Рис. 1. Предполагаемая схема влияния биогазовых технологий на развитие внутреннего рынка и взаимосвязи сельскохозяйственного производства с горнодобывающей, угольной, металлургической промышленностью, машиностроением, перерабатывающей и пищевой промышленностью

**Ключевые слова:** биоэнергетика, агропромышленный комплекс, биомасса, промышленная биоэнергетика, биогазовые технологии, биогазовые станции, переработка отходов сельскохозяйственного

производства, биотехнологические и технические характеристики крупных и средних сельскохозяйственных предприятий, потенциальные затраты сырья, биореакторы-метантенки, высокоэффективные органические удобрения, «Биоуд»,

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кобячков А., Аверьянов В., Кучеренко В. Русская доктрина., [www.rusdoctrina.ru](http://www.rusdoctrina.ru).
2. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива (показатели по территориям) // Под ред. П.П. Безруких. М.: ИАЦ Энергия. 2007
3. Гуськов В.Л. Перспектива производства технических средств для АПК России // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2004. №10.
4. Панцхава Е.С. Эффективная биоэнергетика. // Академия энергетики. №2. 2006
5. Панцхава Е.С., Кошкин Н.Л. Использование энергии биомассы в России: Проблемы и перспективы // Тезисы Германо – Российской конференции. Фрайбург. ФРГ. 24-26 октября 1994
6. Березин И.В., Панцхава Е.С. Техническая биоэнергетика // Биотехнология. Т. 2. №2. 1986
7. Панцхава Е.С. Мировой рынок биотоплив глазами России // Академия энергетики. №6. 2005
8. Панцхава Е.С., Пожарнов В.А. В перспективе Россия – крупнейший поставщик биотоплив на мировой рынок // Энергия. №6. 2005
9. Панцхава Е.С. Эффективная биоэнергетика // Академия энергетики. № 2 (10) 2006
10. European Commission. 2004, Refined Bio-fuels Pellets and Briquettes (LAMNET).
11. Barbel Epp. Pellet mill producers worldwide. Sun @ Wind Energy. 2. 2006
12. Новая экономическая полоса // Комсомольская правда. 17 апреля 2002г. [lib.mabico.ru/referaty/006111-1](http://lib.mabico.ru/referaty/006111-1).
13. Голомзин А.Н. О развитии конкурентных отношений на рынках газа // Конкуренция и рынок. [www.region.ru](http://www.region.ru)
14. Основные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года. Российская газета, 10.09.2008., [www.rg.ru](http://www.rg.ru)
15. Концерн КОНАТЕМ., Резервуары стальные вертикальные цилиндрические (РВС). [www.conatem.ru](http://www.conatem.ru).
16. Черная металлургия России., [www.erudition.ru](http://www.erudition.ru)
17. Головкин А.М., Лазарчик В.Е., Черкашина Н.Ф., Лазарчик В.М. Влияние нетрадиционных органических удобрений на урожай и качество сельскохозяйственных культур // Сб. Эколого-агрохимические проблемы воспроизводства плодородия почв в современных условиях. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. 2002
18. Экономические вопросы использования жидкого чугуна при производстве электростали. [www.elcomet.Narod.ru/esteel/est\\_3](http://www.elcomet.Narod.ru/esteel/est_3)
19. Морозов Н.М. Энергоемкость эффективности производства продукции животноводства. [www.agroportal.su/](http://www.agroportal.su/)
20. Основные параметры современной технологии производства молока. [www.viktoriy.ru/page11052008](http://www.viktoriy.ru/page11052008)

### ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ЗАМЕЩЕНИЯ ТРАДИЦИОННОГО ТОПЛИВА НЕТРАДИЦИОННЫМИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ «ВИРТУАЛЬНЫХ ЛЕСОВ»

*Врадий М.В., ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»*

Возможность предотвращения глобального изменения климата связана с рядом наиболее важных для Российской Федерации мероприятий по повышению эффективности использования энергоресурсов, переходу на более безопасные виды топлива, техническому перевооружению энергетического комплекса и жилищно-коммунального хозяйства, а также проведению работ по защите и восстановлению лесов и др.

Практическое решение проблемы сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу обеспечивается инженерно-техническими мерами, основанными на результатах современных научных исследований, инновационных технологий, прошедших испытания в производственных условиях. Наибольшие объемы парниковых газов антропогенного происхождения образуются на объектах промышленности и теплоэнерге-

тики. В соответствии с Киотским протоколом, предприятия, которые совершают выбросы парниковых газов, должны либо совершенствовать технологии, либо покупать квоты, либо финансировать поглощение за счет посадки лесов.

В зависимости от вида лесных насаждений, поглощение одного из парниковых газов  $\text{CO}_2$  происходит в различных масштабах, но в среднем, известно, что 1 га леса поглощает за год от 3 до 5 т углекислого газа. Таким образом, 1 га леса способен поглотить в год продукты сгорания 1,5 – 2,5 тыс.  $\text{nm}^3$  газа (с учетом процесса фотосинтеза), в дневное время 70% поглощение  $\text{CO}_2$ , в ночное время его выделение — 30%), при сжигании которого может быть выработано 13,9 – 23,1 МВт·ч энергии. Если используемое топливо — мазут, количество  $\text{CO}_2$ , которое выделится при сжигании 1 – 1,7 т мазута, что в энергетическом эквиваленте составит 11 – 18,4 МВт·ч. Отсюда следует, что 18 МВт·ч энергии в год, полученные в среднем при сжигании 2,2 т у. т. инновационным способом, не предусматривающим использование традиционного топлива, по снижению воздействия на окружающую среду эквивалентно посадке 1 га «виртуального леса». Соответственно, чтобы компенсировать выбросы углекислого газа, необходима посадка лесов. В городской среде нет возможности посадки леса в достаточных масштабах.

В таком случае мы можем заменить «живые» леса «виртуальными». Естественно, что мы не можем заменить естественные лесные насаждения в полном масштабе, т.к. «живой» лес, помимо своей главной воздухоочистительной функции, увеличивает влажность, задерживает ветряные потоки, выделяет фитонциды, и, наконец, имеет рекреационную значимость. Но не стоит забывать, что «живой» лес не только поглощает углекислый газ, но и выделяет его в ночное время суток (фотосинтез), поэтому если мы посадим определенное количество зеленых насаждений, мы будем иметь помимо имеющихся выбросов  $\text{CO}_2$ , еще и долю выделяемого газа самими деревьями (в дневное время 70% поглощение  $\text{CO}_2$ , в ночное время его выделение — 30%). Теперь попытаемся определить, сколько стоит в Москве возведение 1 га «живого» леса, для чего воспользуемся ме-

тодикой расчета компенсационной стоимости деревьев, кустарников, газонов, расписанной в Постановлении Правительства «О совершенствовании порядка компенсационного озеленения в городе Москве» от 29 июля 2003 г. № 616-ПП.

Компенсационная стоимость дерева определяется по формуле:

$$C_{\text{кд}} = (C_{\text{пд}} + C_{\text{у}} \times K_{\text{вд}}) \times K_{\text{м}} \times K_{\text{в}},$$

где  $C_{\text{кд}}$  — компенсационная стоимость дерева, руб.;  $C_{\text{пд}}$  — сметная стоимость посадки одного дерева с комом 1,0 x 1,0 x 0,6 м с учетом стоимости посадочного материала (дерева), руб.;  $C_{\text{у}}$  — сметная стоимость годового ухода за деревом, руб.; — группа древесных пород по их ценности;  $K_{\text{вд}}$  — количество лет восстановительного периода, учитываемого при расчете компенсации за вырубленные деревья (для хвойных деревьев — 10 лет, для лиственных деревьев 1-й группы — 7 лет, для лиственных деревьев 2-й группы — 5 лет, для лиственных деревьев 3-й группы — 3 года);  $K_{\text{м}}$  — коэффициент поправки на местоположение зеленых насаждений на территории Москвы;  $K_{\text{в}}$  — коэффициент поправки на водоохранную ценность зеленых насаждений.

Компенсационная стоимость зеленых насаждений рассчитывается с учетом поправочных коэффициентов, которые позволяют учесть вид зеленого насаждения, его местоположение, ценность, фактическое состояние.

Оценка действительной восстановительной стоимости городских лесов и других естественных растительных сообществ также может производиться упрощенным способом, исходя из фактических затрат на проведение перечисленных работ, исчисленных в рыночных ценах, или по нормативным значениям, утвержденным распорядительными документами Правительства Москвы. Воспользуемся сводными данными, приведенными в табл. 1.

Если учесть, что в приближенном значении на одном га леса произрастает в среднем 600 зеленых насаждений, тогда стоимость посадки 1 га условного леса составит порядка 6 млн. руб. Поскольку лес «виртуальный», возьмем 10% от этой стоимости, с учетом того, что мы не рассматриваем другие свойства зеленых насаждений леса, а только поглощение  $\text{CO}_2$ . Тогда, компенсационная сто-

Таблица 1

Сметная стоимость создания зеленых насаждений с учетом ухода в течение 1 года

Классификация зеленых насаждений (ЗН)	Стоимость работ по созданию ЗН в ценах 1998 г., руб.	Стоимость ухода в течение года в ценах 1998 г., руб.	Стоимость посадочного материала, руб.	Коэффициент пересчета в ценах 2003 г	Общая стоимость создания ЗН, руб.
Деревья хвойные, шт.	1545,85	319,26	1598,93	3,016	10447,55
Деревья лиственные 1-й группы, шт.	1545,85	319,26	1285,24	3,016	9501,44
Деревья лиственные 2-й группы, шт.	1545,85	319,26	1021,73	3,016	8706,71
Деревья лиственные 3-й группы, шт.	1545,85	319,26	1020,11	3,016	8701,82
Кустарники, шт.	161,35	21,78	36,70	3,016	663,00
Газон, естественный травяной покров, 1 м <sup>2</sup>	138,06	20,21	36,70	3,016	478,97

имость 1 га «виртуального» городского леса будет равна 600 тыс. руб. Полученная компенсационная стоимость 1 га «виртуального» городского леса фактически является экономическим эффектом, который получает городское хозяйство от сокращения загрязнения окружающей среды продуктами сгорания традиционного топлива. Отсюда следует, что компенсация экономического ущерба от загрязнения окружающей среды при сжигании 1 МВт·ч традиционного топлива, или экономический эффект от его не сжигания можно определить как:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{экт}} &= 600 \text{ тыс. руб.} / 18 \text{ МВт} \cdot \text{ч} \\ &= 33 \text{ тыс. руб.} / 1 \text{ МВт} \cdot \text{ч} \text{ сожженного топлива.} \end{aligned}$$

Если обратиться к «Методике оценки стоимости зеленых насаждений и исчисления размера ущерба и убытков, вызываемых их повреждением и (или) уничтожением на территории Москвы», утвержденной Распоряжением Мэра Москвы от 14 мая 1999 г. №490-РМ, то для расчета воспользуемся данными действительной восстановительной стоимости основных типов естественных растительных сообществ», приведенными в табл. 2.

В таком случае примем компенсационную стоимость 1 кв. метра «виртуального леса» равной 10% от стоимости в расчете на 1 м<sup>2</sup> · МРОТ = 40 руб. за м<sup>2</sup>.

Таблица 2

№п/п	Типы естественных растительных сообществ	Стоимость в расчете на 1 м <sup>2</sup> , единицы кратные МРОТ
1.	Сосняки	3,3
2.	Ельники	4,2
3.	Лиственничники	3,3
4.	Дубняки	6,2
5.	Липняки	3,1
6.	Березняки	2,7
7.	Осинники	2,7
8.	Ольшанники	2,7
9.	Ивняки	1,1
10.	Живой почвенный покров лесной части природных территорий	1,0
11.	Суходольные	1,0
12.	Болота	1,0

Тогда компенсационная стоимость 1 га «виртуального» городского леса будет составлять 400 000 рублей. Эта полученная стоимость также отличается от реальной в 10 раз из-за неполноты замещения лесных насаждений. В пересчете на 1 МВт·ч, экономический эффект от не сжигания традиционного топлива будет составлять:

$$\mathcal{E}_{\text{экт}} = 400\,000 / 18 = 22 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость посадки 1 га леса в Дании составляет порядка 100 тыс. крон (20 тыс. USD), в Прибалтике — 5 тыс. крон (980 USD). Здесь капитальные вложения в посадку леса значительно выше.

Следует задуматься над тем, как избежать таких затрат. Возможно просто заменить использование традиционного топлива наиболее альтернативным. Существуют такие системы, которые экономят как на энергии, так и на выбросах за счет замещения традиционного топлива нетрадиционными источниками энергии. Возьмем, к примеру, теплонасосную установку системы отопления в проектируемом Инновационно-выставочном комплексе «ЭКОПАРК-ФИЛИ» тепловой мощностью =1,35 МВт (в расчете на площадь 18000 м<sup>2</sup>), которая экономит до 60% традиционной энергии, что эквивалентно 1440 МВт·ч/год потребляемой низкопотенциальной энергии грунта. Тогда, с учетом этих данных при реализации программы внедрения результатов данного Экспериментального Проекта мы определим, какой экономический эффект получит городское хозяйство Москвы в год от предотвращения загрязнения окружающей среды парниковым газом CO<sub>2</sub>.

$E_{\text{экт}} = 33000 \times 1440 = 48 \text{млн. руб./г;}$  или (из второго расчета)  $= 22000 \times 1440 = 32 \text{млн. руб./год}$  — это эквивалентно посадке 80 га «виртуального» леса в районе Филевского парка.

Эти данные могут варьировать в различных пределах. Но в век технического прогресса и инновационных технологий такие

системы экономят не только на парниковых газах, экономический эффект от предотвращения которых мы показали на примере «виртуальных» парков, но и на других, более опасных загрязняющих веществах, таких как бензапирен, окислы серы, ангидриды и т.д.

Воспользовавшись методиками расчета стоимости компенсационного озеленения в городе Москве, мы смогли составить прогноз убытков, которые городское хозяйство Москвы может избежать, если будут широко внедряться инновационные технологии энергосбережения в зданиях и сооружениях. Примерные данные, рассчитанные выше, дают представления о том, что посадка «живого» леса, только лишь с целью поглощения CO<sub>2</sub>, является дорогостоящим процессом, и гораздо выгоднее экономить на выбросах непосредственно за счет технических характеристик инновационных разработок. Говоря простым языком: «Мы заменяем сжигание традиционного топлива использованием нетрадиционно-возобновляемых источников энергии, тем самым получаем ту же энергию без вреда окружающей среде и без затрат на компенсацию этого вреда!»

Пример «виртуальных» лесов в городской среде — это наиболее оптимальный вариант стимулирования энергосбережения в хозяйственной сфере города. Полученные результаты могут быть учтены при разработке нормативных документов, стимулирующих внедрение энергосберегающих экологически чистых инновационных технологий.

**Ключевые слова:** эффективность использования энергоресурсов, сокращение выбросов парниковых газов, «виртуальный лес», «живой лес», компенсационная стоимость зеленых насаждений, эффект от не сжигания традиционного топлива, альтернативное топливо

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЯНЫХ СТРУЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЫБОПРОПУСКА ЧЕРЕЗ ПЭС

*Введенский О.Г., к.т.н., ГОУ ВПО «Марийский государственный университет»,  
Иванов А.В., д.т.н., ОАО «Институт Гидропроект»*

Приливная электростанция (ПЭС) предназначена для выработки электрической энергии с использованием энергии морских приливов. Приливно-отливный характер морских течений в створе ПЭС и, собствен-

но, принцип ее работы подразумевают, что бьефы гидроузла периодически меняются местами, т.е. во время прилива уровень воды моря выше уровня воды бассейна и, наоборот, во время отлива уровень воды моря

ниже уровня воды бассейна. Это обеспечивает периодичность течения воды через створ в противоположных направлениях, соответственно из моря в бассейн и, наоборот, из бассейна в море.

Такой режим работы ПЭС существенно сказывается на характере нагульных и нерестовых миграций рыб и других морских обитателей в прилегающей к ПЭС морской акватории. Совершая нагульные или нерестовые миграции из моря в залив и реку или, наоборот, из залива в море, морские обитатели подходят к створу ПЭС.

Для предотвращения негативного влияния ПЭС на жизненно важные и необходимые перемещения мигрантов в составе гидроузла ПЭС следует предусмотреть комплекс рыбопропускных сооружений, который в отличие от нерестового рыбопропуска через речные гидроузлы имеет ряд особенностей.

Основная особенность состоит в том, что через створ ПЭС морские обитатели совершают, преимущественно, нагульные и преднерестовые миграции, во время которых они ведут еще морской образ жизни. Поэтому мигранты перемещаются в необходимом для них направлении, используя особенности приливно-отливного характера морских течений, т.е. могут двигаться как им навстречу, так и использовать их в качестве транспортного средства. При этом приоритетными для них являются не направления морских течений, а необходимость достижения участков акватории моря с определенными свойствами (географическое положение и кормность участка, его соленость, «запах родной реки» и другие качественные характеристики воды и ее течения). Приливно-отливные морские течения через створ ПЭС мигранты используют либо как реоградиентный привлекающий ориентир для движения против течения, либо как транспортное средство для перемещений с наименьшими энергетическими затратами. Поэтому им нужно создать условия для беспрепятственного прохода в обоих направлениях, как из моря в бассейн, так и обратно из бассейна в море. В тоже время скорость течения должна быть безопасна и преодолима для мигрантов. Необходимо отметить также, что колебания уровней бьефов ПЭС имеют синусоидальный характер и со значительно большей ампли-

тудой, чем на речных гидроузлах. В результате скоростной режим привлекающего течения по рыбопропускному сооружению постоянно меняется, что может стать непреодолимым препятствием для прохода по нему рыб. В связи с этим обеспечение пропуска морских обитателей через створ ПЭС является более трудным, чем пропуск производителей на нерест через плотины речных гидроузлов.

В практике отечественного и зарубежного гидростроительства для восстановления миграционных путей на реках применяют рыбопропускные сооружения, в частности, рыбоходы и рыбопропускные шлюзы [1]. С целью адаптации к условиям работы на ПЭС необходима модернизация их конструкции, позволяющая оперативно откликаться на изменение приливно-отливной гидрологической обстановки, путем регулирования оптимального привлекающего рыб скоростного режима течения воды в рыбопропускном тракте.

#### *Модернизация рыбопропускного шлюза*

Рыбопропускной шлюз для речного гидроузла состоит из рыбопропускного тракта, разделенного двумя рабочими затворами на рыбонакопитель, шлюзовую камеру и выходной лоток. Рабочие затворы выполнены с возможностью пропуска и регулирования транзитного привлекающего рыб течения. Однако в отличие от речных гидроузлов приливно-отливный режим работы ПЭС характеризуется периодическим сравнением уровней воды в бьефах (море и бассейне). Поэтому целесообразно рассмотреть вопрос об упрощении конструкции шлюза для ПЭС путем отказа от шлюзовой камеры, т.е. от одного из рабочих затворов.

В этом случае шлюз будет состоять из рыбопропускного тракта, разделенного одним рабочим затвором. Поскольку в рыбопропускном тракте необходимо создать условия для прохода рыб в обоих направлениях, то целесообразно выполнить шлюз симметричным, т.е. расположить рабочий затвор посередине.

Учитывая, что при сравнении уровней бьефов скоростной режим транзитного течения снизится до не привлекающих рыб значений, рабочий затвор целесообразно дооборудовать водономом, обеспечивающим в рыбопропускном тракте течение с привлекающими рыб скоростями.

Рыбопропускное сооружение ПЭС работает следующим образом.

При наличии на ПЭС перепада между бьефами, непреодолимого для рыб, рабочий затвор закрыт и через него обеспечивается пропуск привлекающего течения. При этом в тракте по обе стороны от затвора происходит накопление мигрантов, как производителей — в нижнем бьефе, так и покатников — в верхнем бьефе. При снижении перепада между уровнями до преодолимых рыбой значений рабочий затвор поднимается, и накопившиеся в тракте мигранты проходят в другой бьеф. Когда уровни сравниваются, и течение по тракту прекращается, включают водогон и восстанавливают транзитное течение с привлекающими производителей и сносящими покатников скоростями. Во время следующей фазы приливно-отливного уровненного режима и возрастания перепада между бьефами рабочий затвор закрывают и обеспечивают пропуск через него привлекающего течения в противоположном направлении.

Рассмотренная конструкция шлюза с рабочим затвором имеет один существенный недостаток — это собственно сам рабочий затвор с блоком регулирования пропускаемого через него привлекающего течения воды. Дело в том, что его наличие подразумевает цикличность работы сооружения. Причем период накопления рыб значительно продолжительнее, нежели период их пропуска (свободного прохода по рыбопропускному тракту). Длительное же пребывание рыб в рыбонакопителе может негативно сказаться на эффективности их пропуска через створ ПЭС.

Устранить данный недостаток можно, заменив механический затвор на гидравлический, который предназначен для привлечения и свободного непрерывного прохода мигрантов через створ ПЭС одновременно в обоих направлениях.

Принцип работы «гидравлического затвора» основан на технологии использования водяных струй. С их помощью создают противоток, нейтрализующий транзитное течение по рыбопропускному тракту, который в зависимости от величины перепада на ПЭС оборудуют одной или несколькими разделительными стенками с вливыми отверстиями, обрамленными симметричной многоиточной системой струеобразу-

ющих сопл, направленных в противоположные стороны (рис. 1).

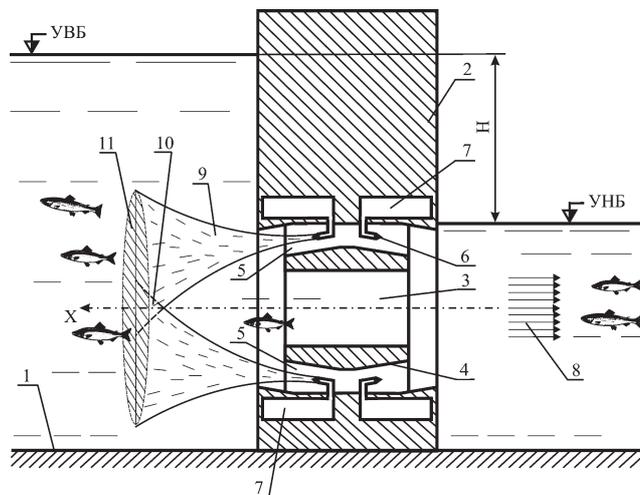


Рис. 1. Схема «гидравлического затвора» рыбопропускного сооружения: 1 — рыбопропускной тракт; 2 — поперечная разделительная стенка; 3 — вливное отверстие; 4 — потокоформирующий фартук; 5 — транзитные галереи; 6 — струеобразующие насадки (сопла); 7 — напорные коллекторы; 8 — привлекающий поток; 9 — водяные струи; 10 — противоток; 11 — зона «частично равных давлений»

Из сопл навстречу транзитному течению подают водяные струи, формирующие противоток транзитному течению. Совместно перед вливым отверстием транзитное течение и противоток создают зону частично равных давлений, благодаря которой обеспечивается беспрепятственный проход рыб и других морских обитателей через створ ПЭС. Математическое условие образования зоны частично равных давлений записывается в следующем виде [2, 6]:

$$V_{U_0} = \sqrt{gH}, \quad (1)$$

где  $V_{U_0}$  — начальная осевая скорость противотока;  $g$  — ускорение свободного падения ( $\text{м/с}^2$ );  $H$  — величина напора на гидроузле ( $\text{м}$ ).

Саму начальную осевую скорость противотока  $V_{U_0}$  находят по формуле:

$$V_{U_0} = \varphi \frac{V_0 d_n^{\frac{2}{3}} b_n^{\frac{1}{3}} n}{9,514(h_n - b_n)}, \quad (2)$$

где  $V_{U_0}$  — начальная осевая скорость противотока ( $\text{м/с}$ );  $\varphi$  — безразмерный коэффици-

ент, определяемый опытным путем;  $V_0$  — начальная скорость истечения водяных струй из сопл (м/с);  $d_{0n}$  — диаметр сопл (м);  $b_э$  — расстояние между осями водяных струй (м);  $n$  — число водяных струй в ряду;  $h_э$  — расстояние между плоскостями пространства водяных струй (м).

Величина безразмерного коэффициента  $\varphi$  зависит от множества факторов, основными из которых являются размеры вливного отверстия и конфигурация расположения сопл. Как показывают экспериментальные исследования, значения безразмерного коэффициента  $\varphi$  в достаточной степени точности для решения большинства практических задач изменяются в диапазоне 0,001 – 4,00.

Для организации прохода рыбы по рыбопропускному тракту необходимо наличие проходящего по нему транзитом стабильного привлекающего потока. Для его формирования создают дополнительный напор  $\Delta H$ , величина которого определяется из следующего выражения:

$$\Delta H = H - \frac{V_0^2}{g}, \quad (3)$$

где  $\Delta H$  — величина дополнительного напора.

Таким образом, дополнительный напор  $\Delta H$  является разницей между действительной величиной напора  $H$  на гидроузле и напором, создаваемым противотоком.

Анализ математических выражений (1) – (3) натолкнул нас на мысль о том, что данная технология использования водяных струй может быть с успехом применена для пропуска рыб и других морских обитателей через створ ПЭС, условия работы которой характеризуются циклически меняющимся уровнем режимом со значительной амплитудой колебаний знакопеременных перепадов уровней. Наши предположения подтвердились и экспериментально.

Нейтрализация относительно небольших колебаний перепадов уровней на ПЭС и установление оптимального скоростного режима привлекающего течения в рыбопропускном тракте можно достичь, изменяя начальную скорость  $V_0$  истечения водяных струй в диапазоне 0 ÷ 10 м/с. Такой диапазон скоростей истечения водяных струй обеспечивает безопасные условия для прохождения и производителей и покатниками вливного рыбо-

пропускного отверстия. При этом необходимую величину начальной скорости  $V_0$ , преобразовывая формулы (1) – (3), определяют из следующей зависимости:

$$V_0 = \frac{9,514 \cdot g^{\frac{1}{2}} H^{\frac{1}{2}} (h_э - b_э)}{\varphi \cdot n \cdot d_{0n}^{\frac{2}{3}} b_э^{\frac{1}{3}}}. \quad (4)$$

Под величиной напора в выражении (4) подразумевается такой напор со стороны верхнего бьефа, который полностью удерживается водяными струями, т.е. принимается, как дополнительный напор.

Из экспериментальных графических зависимостей величины напора от начальных скоростей истечения водяных струй (рис. 2), а так же из выражения (4) видно, что, увеличивая начальную скорость истечения водя-

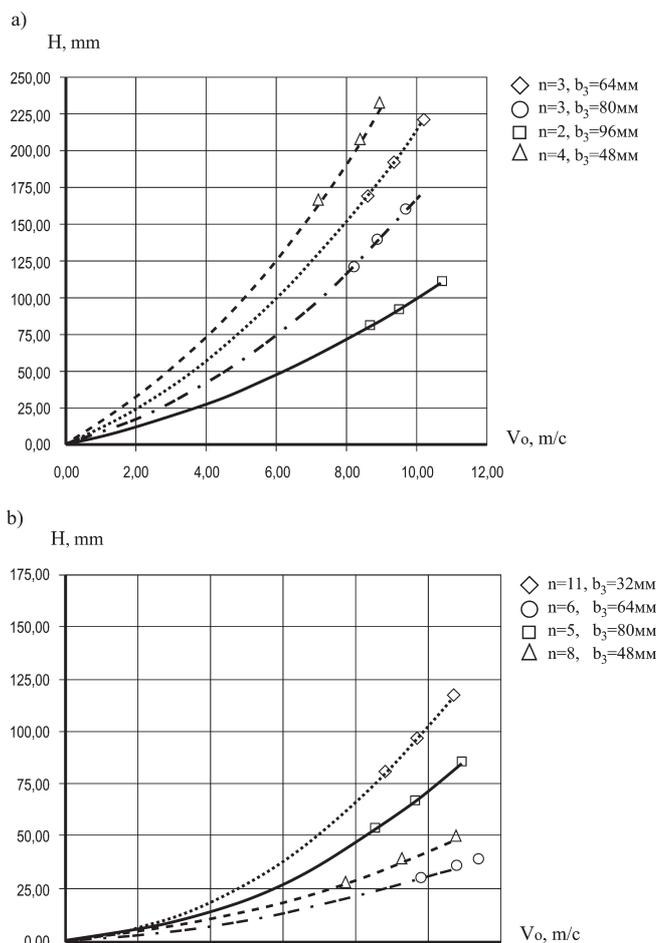


Рис. 2. Графическая кривая зависимости величины напора  $H$  от начальной скорости истечения водяных струй  $V_0$ . Получено на гидравлической модели масштабом  $\lambda_L = 10$ : а) диаметр сопла  $d_{0n} = 10$  мм; б) диаметр сопла  $d_{0n} = 4$  мм;

ных струй до значений, превышающих безопасную величину 10 м/с, можно регулировать скоростной режим течения в рыбопропускном тракте при циклическом изменении уровней бьефов гидроузла с большей амплитудой. В целях безопасности рыб и других морских обитателей,двигающихся через вливное отверстие, последнее обрамляют потокоформирующим фартуком (см. рис. 1). Под его прикрытием в галереях размещают многониточную систему сопл, которые располагают под углом или параллельно к оси вливного отверстия и параллельно поверхности фартука. Потокоформирующий фартук позволяет избежать контакта мигрантов с высокоскоростными участками водяных струй, проходящих через вливное отверстие. По нашему мнению, такая конструкция последнего позволит использовать водяные струи с начальной скоростью истечения величиной, достигающей 30 м/с. В этом случае водяные струи (противоток) на выходе из эжектора (транзитной галереи) будут иметь осевую скорость, не превышающую 10 м/с, что гарантирует безопасность прохождения рыбами вливного отверстия рыбопропускного тракта.

Теоретические и экспериментальные исследования водяных струй и возбужденных ими потоков [2, 6, 7, 8] показали, что на величину гидравлического упора противотoka влияют следующие факторы: геометрия расположения сопл, их наклон к оси вливного отверстия, величина отступа от фартука и др. Но при этом определяющее значение оказывают расходные характеристики водяных струй (рис. 3). На величину их расхода наряду с начальной скоростью их истечения  $V_0$  и диаметра сопл  $d_{0н}$  самое существенное влияние оказывает их число в ряду  $n$ . Поэтому в случае увеличения напора  $H$  на ПЭС до таких значений, когда данное изменение нельзя компенсировать простым увеличением начальной скорости истечения водяных струй, включают в работу большее количество сопл многониточной струеобразующей системы. Тем самым формируют новое число водяных струй, необходимых для компенсации изменившегося напора на гидроузле ПЭС. По мере дальнейшего увеличения напора на гидроузле до порогового значения увеличивают и число водя-

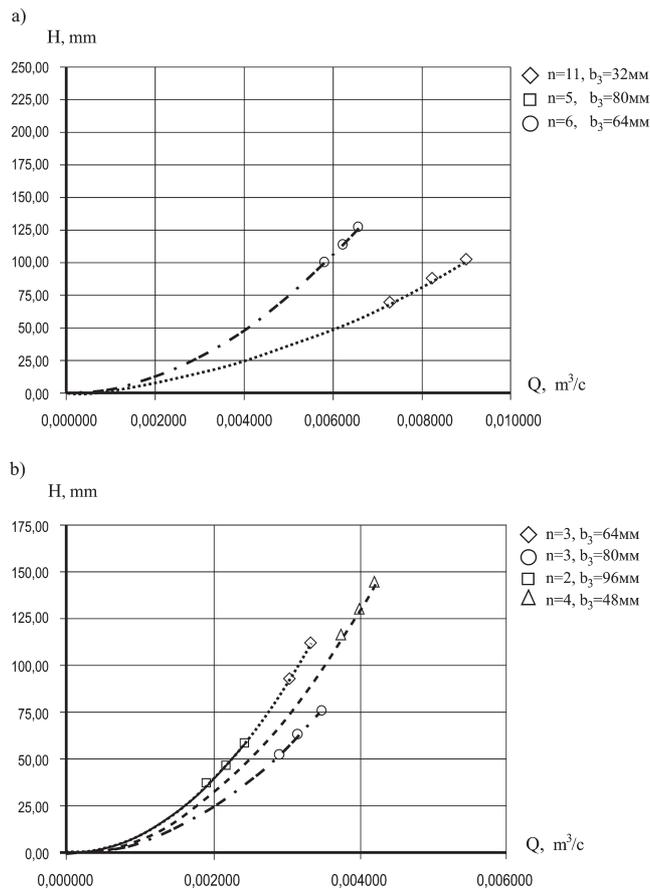


Рис. 3. Графическая кривая зависимости величины напора  $H$  от расхода  $Q$  водяных струй.

Получено на гидравлической модели масштабом  $\lambda_L = 10$ : а) диаметр сопла  $d_{0н} = 10$  мм; б) диаметр сопла  $d_{0н} = 7$  мм

ных струй, задействовав при этом еще одну нитку многониточной струеобразующей системы (рис. 4).

В этом случае необходимое число гидравлических струй определяют по следующей зависимости:

$$n = \frac{g^{\frac{1}{2}} H^{\frac{1}{2}} (h_{\text{Э}} - b_{\text{Э}})}{\varphi \cdot d_0^{\frac{2}{3}} \cdot b_{\text{Э}}^{\frac{1}{3}}}, \quad (5)$$

где  $\varphi$  — скоростной коэффициент, определяемый опытным путем (м/с).

Величина скоростного коэффициента зависит в основном от тех же факторов, что и безразмерный коэффициент из выражения (2). Как показывают экспериментальные исследования, значения скоростного коэффициента в достаточной степени точности для решения большинства практических задач изменяются в диапазоне 0,001 – 4,00.

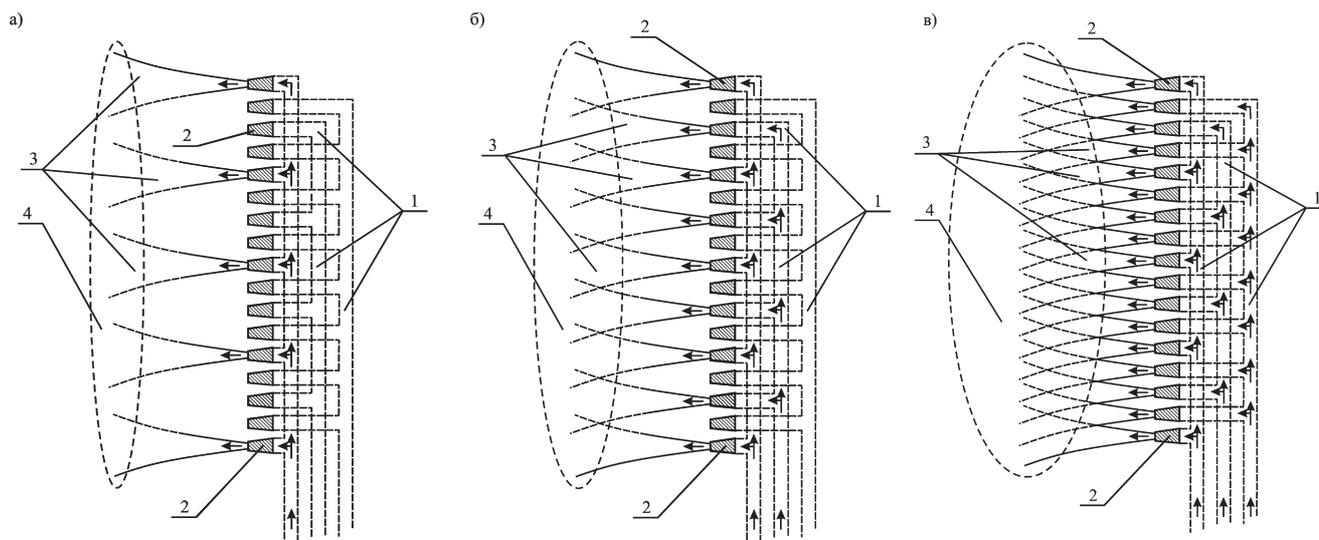


Рис. 4. Схема многониточной струеобразующей системы: 1 — напорные коллекторы; 2 — сопла; 3 — противоток; 4 — зона «частично равных давлений»: а), б) и в) задействованы одна, две и три нитки питания сопел соответственно

Формула (5) справедлива для случаев, когда величина начальной скорости истечения водяных струй из сопел не превышает 10 м/с, обеспечивая тем самым условия безопасности мигрантов. Помимо того, в данной зависимости используют пороговые значения величины напора на гидроузле.

Предлагаемая технология использования водяных струй может эффективно работать и в случае снижения перепада уровней между бьефами ПЭС до значения, не позволяющего создать привлекающее течение в рыбопропускном тракте. В этом случае в работу включают сопла, направленные спутно транзитному потоку. При этом средняя скорость привлекающего потока на входе во вливное отверстие будет равна начальной осевой скорости противотока, определяемой из выражения (2). С учетом этого необходимо для образования оптимального привлекающего потока начальную скорость истечения водяных струй из сопел, направленных по направлению течения транзитного потока, определяют из следующей зависимости:

$$V_0 = \varphi'' \frac{9,514(h_{\text{э}} - b_{\text{э}}) \cdot V_{\text{ПРИВ.СР.}}}{d_0^3 n b_{\text{э}}^3 \cdot n}, \quad (6)$$

где  $\varphi''$  — безразмерный коэффициент, определяемый опытным путем.

Величина безразмерного коэффициента  $\varphi''$  зависит в основном от тех же факторов, что и коэффициенты из формул (2) и (5). Кро-

ме того, здесь существенное влияние оказывают наличие и величина спутных или противоположно направленных с привлекающим потоком течений. Как показывают экспериментальные исследования, значения безразмерного коэффициента в достаточной степени точности для решения большинства практических задач изменяются в диапазоне 0,25 – 10,0.

Таким образом, возможность с помощью технологии использования водяных струй уже только в одном вливном отверстии компенсировать значительные напоры на гидроузле позволяет выполнить рыбопропускное сооружение только с одной поперечной разделительной стенкой и с одним вливным отверстием, перекрытым свободно рыбопроницаемым «гидравлическим затвором». А это в свою очередь позволяет:

- значительно сократить протяженность и материалоемкость рыбопропускного тракта;

- обеспечить возможность прохода по новому рыбопропускному сооружению не только лососевых видов рыб, но и проходных и полупроходных видов рыб, а так же других морских обитателей;

- беспрерывно пропускать мигрантов через створ гидроузла в противоположных направлениях;

- полностью привязать работу рыбопропускного сооружения к циклическому изменению уровней бьефов ПЭС;

- сохранить естественность условий пропуска мигрантов.

Все рассмотренные выше аспекты работы рыбопропускного сооружения ПЭС можно использовать в зависимости от гидрологической обстановки на гидроузле. Например, во время отлива в зависимости от величины перепада на ПЭС с помощью регулирования интенсивности подачи водяных струй путем изменения их числа или скорости их истечения из сопел, направленных навстречу привлекающему транзитному потоку, в рыбопропускном тракте обеспечивают оптимальный привлекающий режим течения. При снижении перепада на ПЭС до значений, не позволяющих создать привлекающее течение в рыбопропускном тракте, водяные струи подают спутно транзитному течению. Они восстанавливают привлекающий гидравлический режим транзитного течения. Затем, при изменении перепада уровней на обратное с помощью этих же струй обеспечивают противоток потоку в противоположном направлении и создание его благоприятного привлекающего скоростного режима.

Ключевые слова:

Поскольку в приливно-отливных морских течениях на перемещения морских мигрантов решающее значение оказывает не столько направление скорости течения, сколько необходимость двигаться в заданном направлении, используя при этом как встречную, так и попутную скорости течения, то в этом случае регулированием пропуска воды через вливное отверстие вне зависимости от величины перепада на ПЭС и направления приливно-отливных морских течений можно постоянно обеспечивать в рыбопропускном тракте благоприятный скоростной режим течения потока для прохода мигрантов через створ ПЭС в обоих направлениях.

Таким образом, предлагаемая технология регулирования скоростного режима привлекающего течения в рыбопропускном тракте позволяет при значительных приливно-отливных синусоидальных колебаниях уровней бьефов ПЭС и перепада между ними обеспечить благоприятные условия для прохода различных видов рыб и других морских обитателей через створ ПЭС в обоих направлениях [9].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Строительные нормы и правила: Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения: СНиП 2.06.07-87; Утв. Гос.строит. ком. СССР 14.04.87; Срок введ. в действие 01.01.88. Изд. офиц. М.: ЦИТП Госстроя СССР. 1987**
2. **Введенский О.Г.** Использование гидравлических струй для совершенствования технологии работы рыбоходных сооружений // Гидротехническое строительство. № 1. 2009
3. **Пат. 2342485 РФ, МПК<sup>8</sup> E02B 8/08.** Способ привлечения и пропуска рыбы из нижнего бьефа гидроузла в верхний бьеф / О.Г. Введенский (РФ) // Бюллетень изобретений. № 36. 2008
4. **Пат. 2335600 РФ, МПК<sup>8</sup> E02B 8/08.** Способ привлечения и пропуска рыбы из нижнего бьефа гидроузла в верхний бьеф и рыбоход его осуществляющий / О.Г. Введенский (РФ) // Бюллетень изобретений. №28. 2008
5. **Пат. 2130990 РФ, МПК<sup>6</sup> E02B 8/08.** Рыбоход для пропуска рыбы из нижнего бьефа гидроузла в верхний / О.Г. Введенский, А.Я. Полянин (РФ) // Бюллетень изобретений. № 15. 1999
6. **Введенский О.Г.** Теоретическая модель водного потока, образованного двумя параллельными рядами и параллельных гидравлических струй / Мар. ГТУ. Йошкар-Ола, 1999. Деп. в ВИНТИ 22.01.99. № 316-B99
7. **Введенский О.Г.** Движение воды в лотке через гидротехническое сооружение // Тез. докл. Конф. по итогам науч.-исслед. работ Мар. ГТУ (19-21.04.1999) / Мар.ГТУ. Йошкар-Ола, 1999. Деп. в ВИНТИ 25.08.1999, № 2712-B99
8. **Введенский О.Г.** Эксперименты по исследованию параллельно-струйных течений во встречном потоке тех же физических свойств / МГПИ. Йошкар-Ола, 2004. Деп. в ВИНТИ 01.03.04; № 356
9. **Заявка на полезную модель № 2009107859/22(010521) от 05.03.2009 с положительным решением от 27.03.2009.** Рыбоход ПЭС / Иванов А.В., Введенский О.Г., Гаврилов В.Г., Гудков И.В., Историк Б.Л., Мажбиц Г.Л., Савченков С.Н., Усачев И.Н., Филиппов Г.Г., Халаджиев В.П., Шполянский Ю.Б. (РФ)

## ВЕТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НА ПЛАНИРУЕМЫХ ПЛОЩАДКАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

11 мая 2009 года ОАО «РусГидро» и японские компании «Mitsui» и «J-Power» подписали Меморандум о сотрудничестве по проекту Дальневосточной ВЭС. В соответствии с Меморандумом стороны договорились установить ветроизмерительные комплексы для проведения цикла ветроизмерений на площадке будущей станции. Дальневосточная ВЭС является первым крупным проектом использования возобновляемых источников энергии в Приморском крае.

24 мая 2009 года в рамках строительства ветроэнергетического парка в Приморском крае на о. Попова был установлен первый ветроизмерительный комплекс. Всего в системе ветромониторинга Приморского края установлено 3 ветроизмерительных комплекса, один — на о. Попова и два — на о. Русский. Каждый ветроизмерительный комплекс снабжен автоматизированным регистратором (сбором) данных с шести анемометров, расположенных на высотах 60, 50, 40 метров от основания мачты. Два флюгера регистрируют данные о направлении ветра, также регистрируются данные о состоянии атмосферного давления и температуры. Мачты снабжены системами дистанционной передачи данных по сетям сотовой связи.

Для обеспечения безопасности полетов в воздушном пространстве Приморского края, ветроизмерительные мачты снабжены двоянными заградительными огнями и системой автономного энергоснабжения в составе нескольких аккумуляторных батарей. Для подзарядки аккумуляторных батарей, на каждой ветроизмерительной мачте установлены солнечные электростанции, состоящие из двух солнечных панелей номинальной мощностью по 85 Вт каждая.

Особенность возведения подобных мачт заключается в том, что необходимо проводить подъем полностью оборудованной мачты. Все приборы, датчики и фонари после подъема должны работать, замена какого либо прибора без опускания мачты не возможна.

Подъем мачты, удерживаемой от бокового смещения 12 тросами, происходит с помощью шести тросов оттяжки



Установка ветроизмерительного комплекса на острове Попова

23 июня 2009 года на острове Русский были установлены второй ветроизмерительный комплекс — в районе полуострова Кондратенко и третий — у форта №9 Владивостокской крепости).

Ветроизмерения ведутся одновременно по нескольким параметрам: скорости, направлению ветра, давлению и влажности воздуха. Результаты ветроизмерений будут использованы для проведения точного моделирования параметров будущей ВЭС, выбора оборудования, определения объема и сезонности выработки электроэнергии. Полученная в течение года информация поможет вычислить ветроэнергетический потенциал острова и разработать прогноз энергоресурсов для Дальневосточной ВЭС сроком на 50 лет. Мощность Дальневосточной ВЭС может составить до 36 МВт: до 16 МВт на острове Русский и до 20 МВт на острова Попова. Начало строительства ВЭС намечено на 2010 год, окончание — на первый квартал 2012 года. Проект реализуется в рамках подготовки к проведению в 2012 году саммита АТЭС на острове Русский.

На торжественном открытии первой ветроизмерительной станции на о. Попова, а также на монтаже и пуске ветроизмерительных комплексов присутствовали и.о.председателя Правления РусГидро В.А. Зубакин, начальник Департамента возобновляемых источников энергии П.А.



**Открытие** ветроизмерительного комплекса на острове Попова

Понкратьев, представители японских компаний «Mitsui» и «J-Power», инвестирующих данный проект, представители администрации района.

Сетевые решения, используемые при подключении ВЭС, смогут обеспечить электроэнергией восток острова Попова и создать условия для электрификации юго-западной и центральной частей острова Русский. Кроме того, реализация проекта ВЭС улучшит социально-экономический профиль территории: обеспечит налоговые поступления, высококвалифицированные рабочие места.

Материал подготовил  
Ачикасов Р.Р., ОАО «НИИЭС»

*Уважаемые читатели!*

Вы можете оформить подписку на **2010** год на журнал «Малая энергетика» следующим образом:

- 1. Через агентство «Роспечать».** Подписной индекс:  
по общему каталогу — **88737**  
по научно-техническому каталогу — **58475**
- 2. Через редакцию журнала «Малая энергетика»**, заполнив заявку с указанием почтового адреса, кодов ОКПО и ОКОНХ (для оформления счета-фактуры), количества экземпляров и формы получения.

Подписка оформляется:

- на полугодие (2 номера журнала),

Стоимость журнала — 1000 руб. (не включая доставку).

Форма оплаты подписки:

- по безналичному расчету на счет ОАО «НИИЭС»

Форма получения журнала:

- в редакции
- почтовая рассылка

Заявки на подписку принимаются по адресу:

125362, Москва, а/я 393, Строительный проезд, 7а.

e-mail: melihova@niies.ru;

Телефон для справок: (495) 497-21-51

Факс: (495) 363-56-51

6-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ПО УПРАВЛЕНИЮ ОТХОДАМИ  
И ПРИРОДООХРАННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ «ВЭЙСТТЭК-2009»

26 – 29 мая 2009 г., г. Москва

26 – 29 мая 2009 г. в МВЦ «Крокус Экспо» прошли 6-я Международная выставка по управлению отходами и природоохранным технологиям ВэйстТэк-2009 и 4-я Международная выставка «Трубопроводные системы коммунальной инфраструктуры: строительство, диагностика, ремонт и эксплуатация» СитиПайп-2009.

Тематика ВэйстТэк включает весь спектр природоохранного оборудования и услуг — управление отходами и рециклинг, охрану водного и воздушного бассейнов, благоустройство населённых мест, переработку отходов в энергию.

Круг проблем, рассматриваемых на выставке СитиПайп, включает в себя вопросы, связанные с комплексом городского хозяйства в части строительства, эксплуатации и ремонта трубопроводных систем коммунальной инфраструктуры: тепло-, водо- и газоснабжения, водоотведения, связи.



Свое приветствие в адрес участников и посетителей выставки ВэйстТэк направил Министр природных ресурсов и экологии Российской Федерации Ю.П. Трутнев, где выразил уверенность в том, что итогами работы мероприятия станут конкретные предложения по развитию отрасли переработки отходов и решению природоохранных проблем. В официальном открытии мероприятий приняли участие заместитель Министра природных ресурсов и экологии Российской Федерации С.А. Ананьев, заместитель Председателя Комитета Совета Федерации по природ-

ным ресурсам и охране окружающей среды А.Н. Лоторев, Первый заместитель Генерального директора МГУП «Мосводоканал» А.Н. Пахомов.

В выступлениях официальных лиц было отмечено, что ВэйстТэк и СитиПайп стали платформой для обсуждения важных вопросов в сфере охраны окружающей среды и совершенствования коммунальной инфраструктуры населенных мест, а сочетание обсуждений и дискуссий в ходе конференций с решением практических задач на выставках является оптимальным.

В рамках выставок состоялись заседания Деловой Программы. В течение трех дней специалисты приняли участие в работе заседаний экологического конгресса «Теория и практика охраны окружающей среды на производстве и в коммунальном хозяйстве», конференциях «Экологически безопасные и гигиенически надежные пути решения обращения с медицинскими и биологическими отходами», «Коммерческое использование нетрадиционных ресурсов метана, в т.ч. отходов сельскохозяйственного и лесного производства», «Наружные сети водоснабжения и водоотведения», круглом столе «Власть и бизнес: диалог о перспективах развития сферы обращения ТБО в России» и семинаре «Проектирование и внедрение комплексных систем водоотведения и очистки сточных вод от малых населенных пунктов и локальных объектов с применением оборудования производства ООО «ЭКОЛАЙН».

ВэйстТэк и СитиПайп с уверенностью можно признать ведущими выставками в России и странах СНГ по данной тематике. Их масштабы растут год от года. Несмотря на сложную финансово-экономическую ситуацию в мире, в этот раз участниками выставок стали 349 фирм и организаций из 23 стран мира (287 экспонента на ВэйстТэк-2009 и 62 экспонента на СитиПайп-2009), общая площадь экспозиций превысила 4853 м<sup>2</sup> в зале и 1452 м<sup>2</sup> на уличной площадке. Помимо стендов отдельных российских и зарубежных организаций свои нацио-

нальные павильоны представили Австрия, Германия, Израиль, Чехия, Финляндия, Франция. Интерес специалистов к мероприятиям не угасает, что подтверждается итогами регистрации — в дни работы выставок посетителями стали 6270 человек, что превышает аналогичные показатели 2007 года. Растущий интерес специалистов к выставкам говорит об их практической значимости, они стали площадкой, где профессионалы могут найти идеи для развития своего бизнеса, технологии, оборудование и услуги для решения своих задач.

Информационную поддержку выставок осуществляли свыше 90 специализирован-



ных изданий и интернет-порталов России, стран ближнего и дальнего зарубежья.

### 6-я МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ И МАЛАЯ ЭНЕРГЕТИКА – 2009»

9 – 10 июня 2009 г., г. Москва

В соответствии с планами научной и выставочной деятельности Комитета ВИЭ Рос СНИО 9 – 10 июня 2009 г. в Москве в Экспоцентре «Красная Пресня» в рамках 18 Международной выставки «Электро-2009» состоялась VI Международная конференция «Возобновляемая и малая энергетика-2009».

#### Организаторы конференции:

ЦВК «Экспоцентр» на Красной Пресне;  
Комитет по проблемам использования возобновляемых источников энергии Российского Союза научных, инженерных и общественных организаций (Комитет ВИЭ Рос СНИО);

Секция «Энергетика» Российской Инженерной Академии (РИА);

Институт энергетической стратегии (ГУ ИЭС);

Московский филиал ЦАГИ.

Возглавлял оргкомитет и проведение Конференции, заместитель Генерального директора ГУ ИЭС, д. т. н. Безруких П.П. В работе Конференции приняли участие более 140 ученых, специалистов и студентов. Было заслушано 35 докладов. Международную часть Конференции представляли ученые из Казахстана.

В Конференции участвовали представители следующих городов России: Москва, Санкт-Петербург, Улан-Удэ, Апатиты, Волгоград, Миасс, Челябинск, Петрозаводск, Мурманск, Пермь. Тематика докладов охва-

тывала все виды возобновляемых источников энергии, за исключением геотермальной и приливной энергии:

*Безруких П.П.*, д. т. н., Институт энергетической стратегии. **Стоимостные показатели энергетических установок на базе ВИЭ.**

*Стребков Д.С.*, д. т. н., ГНУ ВИЭСХ. **Резонансные энергосистемы с возобновляемыми источниками энергии. Кремниевые солнечные элементы с КПД 20%.**



*Елистратов В.В.*, д. т. н., Санкт-Петербургский государственный политехнический Университет. **Использование принципов гидроаккумулирования при работе ВЭУ.**

*Панцхава Е.С.*, д. б. н., ЗАО Центр «Эко-Рос». **Отечественная биоэнергетика — как элемент развития внутреннего рынка России.**

*Соловьев А.А.*, д. ф.-м. н., географический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова. **Аналитические методы прогноза энергопотребления.**

*Попель О.С.* д. т. н., *Фрид С.Е.*, к. т. н., *Коломиец*, аспирант, Объединенный Институт высоких температур. **Эффективность использования солнечного излучения для нагрева воды на территории Российской Федерации.**



*Тайсаева В.Т.*, д.т.н., *Мазаев Л.Р.*, с.н.с., *Малых В.В.*, инженер, ООО «Центр солнечной энергетики» БГСХА. **Разработка экомов с автономными системами жизнеобеспечения. Разработка энергоэффективной солнечной теплицы.**

*Дашибалова Л.Т.*, к.т.н., БНЦ СО РАН, *Тайсаева В.Т.* д.т.н., *Мазаев Л.Р.*, ООО «Центр солнечной энергетики» БГСХА. **Методика определения характеристик теплоаккумулирующих пористых насадок теплового аккумулятора.**

*Минин В.А.*, к.т.н., Центр физико-технических проблем энергетики Севера Кольского научного центра РАН, г. Апатиты. **Региональная программа использования возобновляемых источников энергии в Мурманской области на 2010–2015 годы.**

*Осипов М.И.*, *Тумашев Р.З.*, *Моляков В.Д.*, МГТУ им.Баумана. **Повышение эффективности газотурбинных установок малой мощности изменением очередности термодинамических процессов.**

*Гасилов А.В.*, *Осипов М.И.*, *Янсон Р.А.*, МГТУ им. Н.Э. Баумана. **Особенности схем комбинированных энергоустановок с топливными элементами и газовыми турбинами.**

*Юдаев И.В.*, к.т.н., *Веселова Н.М.*, к.т.н., ФГОУ ВПО «Волгоградская ГСХА», Секретов П.Л., Попов Ю.А., Мещанинцев В.А., ГУ «Волгоградский центр энергоэффективности». **Энергоэффективность Волгоградской области: реалии и перспективы.**

*Юдаев И.В.*, к. т. н., ФГОУ ВПО «Волгоградская ГСХА». **Обучение энергосберегающим технологиям на факультете электрификации сельского хозяйства Волгоградской ГСХА.**

*Вицков В.В.*, директор Центра энергоэффективных технологий и возобновляемой энергии г. Волгоград. **Демонстрационная зона — технология продвижения энергоэффективного оборудования новых и возобновляемых источников энергии.**

*Киселева С.В.*, к.ф.-м.н., *Нефедова Л.В.*, к.г.н., Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. **Природные и экономико-географические факторы использования ВИЭ в туристско-рекреационных зонах.**

*Михайлин А.Б.*, к.т.н.; ООО Энергетический центр «Президент-Нева». **Энергетический блок-модуль с солнечными батареями для гарантированного электроснабжения особой группы потребителей.**

*Кузнецов И.*, аспирант, Санкт-Петербургский государственный политехнический Университет. **Моделирование комбинированных автономных энергосистем.**

*Николаев В.Г.*, к.т.н., *Ганага С.В.*, к.т.н., Научно-информационный центр «АТМОГРАФ». **К обоснованию целесообразных сценариев развития ветроэнергетики в России.**

*Николаев В.Г.*, к.т.н., Научно-информационный Центр «АТМОГРАФ». **Научно-технические и информационные возможности повышения эффективности проектных ветроэнергетических изысканий в России.**

*Грибков С.В.*, к.т.н., ЦАГИ им. проф. Жуковского. **Технические аспекты развития ветроэнергетики в России.**

*Грибков С.В.*, к.т.н., НИЦ «Виндэк», *Котунов В.В.*, к.т.н., НПФ «ЭРГА». **Электрические генераторы для ветроэнергетических систем.**



*Ершина А.К.*, д. ф.-м. н., Казахский государственный женский педагогический университет. **Карусельные ветротурбины с аномально высоким коэффициентом использования энергии ветра.**

*Каримбаев Т.Д.*, д. т. н., «ЦИАМ», *Байшагиров Х.Ж.*, д. т. н., *Нурильбетов А.У.*, к. т. н., Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова. **Разработка и создание стеклопластиковой ВЭУ с диффузором.**

*Грахов Ю.В.*, начальник отдела ООО «ГРКЦ -Вертикаль». **Расчетно-экспериментальные исследования аэродинамических**

характеристик ветровых турбин с вертикальной осью вращения.

*Кирпичникова И.М.*, д.т.н., ЮУрГУ, г. Челябинск, *Соломин Е.В.*, к.т.н., ООО «ГРКЦ-Вертикаль», г. Миасс. **Обеспечение вибробезопасности ветроэнергетических установок с вертикальной осью вращения.**

*Матвеев О.В.*, ООО «ГРКЦ -Вертикаль». **Комплексное моделирование на ЭВМ работы ветроэнергетической установки с ротором Н-Дарье.**

*Нурпеисова Г.Б.*, к.т.н., докторант, Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (КазНИИМЭСХ). **Опыт эксплуатации тихоходных ветряков в Казахстане.**

*Самсонов В.В.*, к. т. н. **Аэродинамическое регулирование вертикально-осевых ветротурбин.**

*Попель О.С.*, д.т.н., *Фрид С.Е.*, к.т.н., *Ефимов Д.В.*, аспирант, Объединенный институт высоких температур РАН, *Анисимов А.М.*, ООО «Энергоресурс-СТЭ», г. Петрозаводск. **Ветровые энергоустановки для электро- и теплоснабжения автономных потребителей.**

*Розин М.Н.*, предприниматель, г. Санкт-Петербург. **Парусные ветряки — перспектива использования.**

*Лыков А.В.*, аспирант, Институт океанологии РАН, *Павловский К.П.*, НИЛ ВИЭ, *Соловьев А.А.*, д. ф.-м. н., профессор, Географический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова. **Лабораторная модель системы генерации искусственного ветра.**

*Волосов Д.Р.*, СКБ «АТИКА». **Опыт создания автономных источников электропитания узлов связи.**

*Нани Е.Л.*, конструкторский отдел электрических машин НП ЗАО «Электромаш», г. Тирасполь. **Электрические генераторы для ветро- и гидростанций НП ЗАО «Электромаш».**

В рамках конференции состоялось открытое заседание Комитета по проблемам применения возобновляемых источников РосСНИО, на котором с докладом «Состояние разработки нормативно-правового обеспечения развития ВИЭ в России» выступил начальник Департамента ВИЭ ОАО «РусГидро» П.А. Понкратьев, с сообщением «О сотрудничестве Комитета ВИЭ с ЭО «Беллона»», — председатель Комитета ВИЭ П.П. Безруких.

Было предложено:

1. Отметить в качестве положительного фактора, что внесение Федеральным Законом № 250-ФЗ дополнений и изменений в Федеральный закон № 35-ФЗ «Об электроэнергетике», касающихся возобновляемых источников энергии, положило начало созданию нормативно-правовой базы использования ВИЭ в России.

Однако вне зоны действия этого закона оказалась наиболее широкая область использования ВИЭ: производство тепла, электро и теплоснабжение автономных и индивидуальных потребителей.

Анализ хода подготовки и рассмотрения подзаконных актов, обеспечивающих реализацию Федерального закона № 35-ФЗ, показал, что дело движется чрезвычайно медленно.

С момента принятия Федерального закона № 35-ФЗ (04.11.2007) до 10.06.09 принято всего два из крайне необходимых восьми документов.

Установленные Постановлением Правительства РФ от 3 июня 2008 №426 сроки подготовки 4-х подзаконных актов сорваны. Одновременно, в Минэнерго РФ из подготовленных документов выхолащивается их суть. Так в утвержденных Распоряжением Правительства РФ от 8 января 2009 г. № 1р «Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года» указаны объемы производства на базе ВИЭ электрической энергии в процентах от общего производства в 2010 г. (1,5%), 2015 г. (2,5%) и 2020 г. (4,5%), однако не указаны необходимые объемы ввода мощности по различным видам электростанций на базе ВИЭ, как это предполагалось в проекте Постановления. В результате контроль за выполнением этого Постановления Правительства становится практически невозможным, поскольку нет ответственных за выполнение данных показателей.

2. Отметить, что указ Президента РФ от 4 июня 2008 года №899 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики», содержащей указание предусматривать в федеральном бюджете на 2009, 2010 и 2011 годы бюджетные ассигнования «необходимые для

поддержки и стимулирования реализации проектов использования возобновляемых источников энергии» создает правовую основу для поддержки любых установок на базе ВИЭ, в том числе и для производства тепла и автономного (индивидуального) электроснабжения (кроме ГЭС мощностью более 25 МВт). Однако для реализации этого указа требуется разработать соответствующие подзаконные акты.

1.3. Просить Правительство РФ:

а) рассмотреть с участием представителей Комитета ВИЭ РосСНИО вопрос о состоянии

подготовки подзаконных актов, предусмотренных Федеральным законом № 35-ФЗ «Об электроэнергетике»;

б) дать соответствующие указания о подготовке законодательных актов, предусматривающих стимулирование и государственную поддержку производства тепловой энергии с использованием ВИЭ, производства тепловой и электрической энергии в зонах автономного электроснабжения и индивидуальных потребителей, как это практикуется в странах с развитой возобновляемой энергетикой.

## ФОРУМ ENERGY FRESH 2009

23 – 24 сентября, г. Москва

23 – 24 сентября компания SBCD Exco в рамках собственного проекта «Planet Dreaming» или «Мечтающая планета» провела Центральный Международный Форум по использованию альтернативных, возобновляемых источников энергии ENERGY FRESH 2009, в рамках которого состоялись специализированные мероприятия — выставка и конгресс.

В Форуме приняли участие представители из 14 стран мира (Англии, Австрии, Германии, Индии, Украины, Франции, Японии, стран Балтии и др.), региональные и муниципальные власти, ведущие российские и международные промышленные компании, научно-исследовательские институты, проектные бюро — всего более 200 организаций.

На официальном открытии Форума участников и гостей приветствовали Mr. Günter Benik (Energieteam AG), Александра Мочалова (НАМИКС), Олег Витер (Альстом).



На стендах были представлены ветроэнергетические и солнечные установки, светодиодное освещение, электроавтомобили, -мопеды, мобильные солнечные батареи и многое другое.

Если продукция иностранных компаний была больше применима для инфраструктурных проектов, то российские разработки выигрывали у иностранных в потребительском секторе. Так, например, предлагались очень мощные ветроэлектростанции Siemens в 1,2 МВт и 1,5 киловаттные ветряки отечественного производства, мощность которых способна полностью обеспечить электричеством только дачный домик.



В рамках Форума состоялся Конгресс.

На открытии Конгресса выступил с докладом о перспективах развития альтернативной энергетики в России *Георгий Леонтьев*, Председатель Подкомитета по малой энергетике Комитета по энергетике ГД РФ.

По словам Георгия Леонтьева, «есть поручение правительству от президента до конца

2009 г. сформулировать позицию правительства по внедрению в коммунальную энергетику альтернативных источников энергии». Г. Леонтьев особое внимание уделил перспективам развития альтернативной энергетики в России. Возобновляемые источники энергии объявлены одним из энергоприоритетов России. Альтернативная энергетика должна послужить импульсом для экономического развития страны и решить целый ряд глобальных задач. Он также добавил, что правительство планирует проводить тендеры на тепло-, ветро- и био энергетика для того, чтобы понять, куда направлять бюджетное финансирование.

«Правительство намерено сделать упор на российские разработки и производство, а также на продукцию совместных предприятий отечественных и зарубежных компаний», — отметил Г. Леонтьев.

Пристальное внимание к вопросам энергосбережения и внедрения ВИЭ на примере Краснодарского края привлек директор государственного автономного центра энергосбережения и новых технологий Валерий Науменко. С 2002 по 2009 гг. в крае было реализовано проектов на общую сумму более 1,1 млрд. руб. со средним сроком окупаемости до 5 лет. Годовой экономический эффект от реализуемых мероприятий составил 100 млн. рублей ежегодно или 7136 тонн условного топлива.

«Повышение энергоэффективности — это вопрос экономической и экологической безопасности нашей страны», — заявила на конгрессе заместитель исполнительного директора Национального агентства малоэтажного и коттеджного строительства Александра Мочалова, — «строить жилье по устаревшим технологиям — это преступление. Откладывать модернизацию комплекса ЖКХ — это преступление».

«На обогрев 1 кв. м жилья в России расходуется в среднем 13 литров условного топлива в год. В близкой по климатическим условиям Канаде этот показатель составляет 3,5-4 литра. Потенциал энергосбережения только в сфере строительства и ЖКХ составляет не менее 400 млн. тонн условного топлива в год, или 30 – 40% всего энергопотребления страны», — сказала А. Мочалова. России необходима продуманная и последовательно реализуемая политика энергосбережения,

причем, основанная не только на стимулировании внедрения энергоэффективных технологий и ужесточения мер за бесхозяйственность, но и включающая комплекс пропагандистских мероприятий.

По мнению директора по инновационной деятельности компании ОАО «Группа Е4» Валерия Тропина, наиболее перспективным направлением ВИЭ является солнечная энергетика. Солнце является самой мощной в мире электростанцией. К примеру, создание солнечной электростанции в пустыне Сахара размером 300х300 км может удовлетворить потребность в электроэнергии всей Европы. В настоящее время разработано уже третье поколение гибких фотобатарей.

«По прогнозам специалистов, через 4 года энергия от солнечной батареи будет стоить не более 20 EURO-центов за кВт», — сказал старший менеджер по проектам ООН, Европейской Экономической Комиссии Ханс Янсен.

На пленарном заседании с докладами также выступили:

*Валерий Науменко.* Комитет по вопросам транспорта, связи и ТЭК законодательного собрания Краснодарского края, директор государственного автономного центра энергосбережения и новых технологий. **Энергосбережение — как основа энергоэффективной экономики Краснодарского края.**

*Mr. Hans Jansen.* ООН, Европейская Экономическая Комиссия. **Развитие устойчивой торговли биомассой и возможностей экспорта из отдельных регионов Российской Федерации.**

*Mr. Gnter Benik,* Energieteam AG. **Энергоэффективность и возможность внедрения возобновляемых источников энергии, перспектива развития рынков, инновационные технологии**

*Mr. John Hardy,* Sustainable Energy Association «Ассоциация по ВИЭ Ирландия. **Ирландский опыт в области ВИЭ, пути взаимодействия с Россией.**

*Олег Витер,* ООО «Альстом». **Ветроэнергетическое оборудование компании Alstom Power.**

В рамках конгресса работали секции «Солнечная энергетика», «Энергосбережение. Биотопливо», «Ветроэнергетика».

С докладами на секциях выступили ведущие специалисты отрасли.



### Секция: Солнечная энергетика

*Денис Урманов, ООО «Совтест АТЕ». Перспективы развития солнечной энергетики в России.*

*Борис Бурченко, ООО «Солар моторс», Mr. Jan Stottko, SMA Solar Technology. Современное оборудование и инженерные решения для создания надежных систем резервного и автономного электроснабжения.*

*Адольф Чернявский, РОСТОВТЕПЛОЭЛЕКТРОПРОЕКТ. Использование ВИЭ в Южном федеральном округе России.*

*Татьяна Тугузова, Институт Систем энергетике, Иркутск. Эффективность использования солнечной энергии для электро- и теплоснабжения потребителей восточных регионов России.*

### Секция: Энергосбережение. Биотопливо

*Mr. Gnter Benik, Energieteam AG. Роль установок ВИЭ в работе существующих электросетей, сокращение потерь в электросетях и балансирование мощности в энергосистемах с помощью ВИЭ.*

*Оксана Лихолетова, Mitsubishi Electric Europe B.V. (Представительство в России и странах СНГ). Энергосберегающие решения Мицубиси Электрик для автономного отопления на базе воздушных тепловых насосов.*

*Александр Скороходов. БПЦ Энергетические Системы. Биотопливные микротурбинные электростанции. Получение электрической и тепловой энергии за счет утилизации и переработки биологических отходов.*

*Валентин Кислов. ООО «НПО «Геоэнергетика». Внедрение и широкое использование в энергетике свойств энергоплотных минеральных веществ изменять параметры*

*триботехнических систем в виде комбинированных и нанокompозитных покрытий по технологии «Геоэнергетика» для поверхностей пар трения.*

*Андрей Федоров, ЗАО «Вольтаг» Передовые энергосберегающие технологии вместе с Woltag.*

*Цибульский В.Ф. РИЦ «Курчатовский институт». Основные тенденции и проблемы развития энергетики 21 века.*

### Секция: Ветроэнергетика

*Павел Понкратьев, ВИЭ ОАО «РусГидро». Нормативно-правовое обеспечение развития ВИЭ на основе федерального закона ТЗ-35 (об электроэнергии).*

*Андрей Кулаков, Компания «Новый ветер». Перспектива производства ветроэнергетического оборудования в России.*

*Кимал Юсупов, ООО «Сименс». Ветроэнергетика компании Siemens*

*Mr. Waldemar Renner, «Energieteam AG». Ветроэнергетический рынок. Технологии и тренды. Особенности российского рынка ветроэнергетики. Возможности и перспективы для создания ветроэнергетической индустрии в России.*

*Ирина Иванова, Институт Систем энергетике, Иркутск. Эффективность применения ветроэнергетических установок в восточных регионах России.*

*Котунов В.В., ООО НПО «ЭРГА». Ветрогенераторы вертикальные (безредукторные встраиваемые электрогенераторы).*

*Илья Голубович, I2BF Venture Capital (Международный венчурный фонд, Лондон) Роль венчурного капитала в развитии альтернативной энергетики в России.*

*Mr Karl Heinz Fatrdla, Vestas Oesterreich GmbH. Энергия ветра, как энергия современности.*

*Владимир Лелин., ЗАО «Шнейдер электрик». Решения Шнейдер Электрик для энергетики.*

*Владимир Николаев. Научно-информационный центр «АТМОГРАФ». К выбору целесообразных сценариев развития ветроэнергетики в России.*

24 сентября в рамках Форума состоялся «круглый стол» «АЭС: технологии безопасности», организаторами которого выступили РИЦ «Курчатовский институт» и журнал «Атомкон».

Прошедший Форум получил высокую оценку от российских и международных деловых кругов, ведущих представителей профессионального сообщества, позволил России заявить о себе как об активном участнике мировых рынков альтернативной энергетики.

#### **События на форуме**

23 сентября в ходе проведения форума Павел Понкратьев, начальник департамента возобновляемых источников энергии «Рус-Гидро», провёл переговоры с Д. Краевым, корейским представителем компании Hyundai, об участии этой корейской компании в строительстве бинарного блока и ветропарка на острове Русский (г. Владивосток).

Форум посетили делегации из Государственной Думы РФ, ОАО «Мосэнерго», ОАО «ИНТЕР РАО ЕЭС», Союза Промышленности «РосПром», представители исследовательских институтов, электромонтажных,

телекоммуникационных, девелоперских и строительных компании, архитекторы.

Форум Energy Fresh 2009 посетило более 3000 человек.

Экспозиции компаний и выступления участников конгресса на форуме показали, что впервые в России специалисты из различных отраслей смогли создать столь серьёзную интеллектуальную площадку, которая способна обеспечить мир безопасными, чистыми и эффективными энергоресурсами XXI века, и готовность в интересах развития экономики к всесторонней кооперации с российскими и зарубежными партнерами.

Прошедший форум получил высокую оценку от российских и международных деловых кругов, ведущих представителей профессионального сообщества, позволил России заявить о себе как об активном участнике мировых рынков альтернативной энергетики.

Итоги форума Energy Fresh 2009 вы найдете на сайте <http://www.planetdreaming.ru/fresh> или сделайте запрос [Maximov@sbcdexpro.ru](mailto:Maximov@sbcdexpro.ru).

**Примерный перечень российских выставок, конференций**

*(конец 2009, 2010 г.)*

<b>Российский энергетический форум - 2009</b> Пленарное заседание, работа по секциям	<b>г. Уфа</b>	20.10 – 23.10.2009
<b>Энергетика Урала - 2009</b> 15-я Международная специализированная выставка	<b>г. Уфа</b>	20.10 – 23.10.2009
<b>Энергосбережение - 2009</b> 6-я Специализированная выставка	<b>г. Уфа</b>	20.10 – 23.10.2009
<b>EMBIZ - 2009</b> Международный энергетический форум по перспективным технологиям, концепциям и проектам	<b>г. Москва</b>	10.11 – 12.11.2009
<b>Сибирская агропромышленная неделя - 2009</b> Выставка-форум	<b>г. Омск</b>	17.11 – 20.11.2009
<b>Экотек - 2009</b> 12-я Международная выставка-ярмарка. Природоохранные технологии. Приборы экологического мониторинга. Технологии утилизации отходов. Экологическая безопасность	<b>г. Кемерово</b>	17.11 – 20.11.2009
<b>Энергетика. Ресурсосбережение - 2009</b> 11-я Международная специализированная выставка	<b>г. Казань</b>	01.12 – 03.12.2009
<b>Экология и природопользование - 2009</b> Специализированная выставка	<b>г. Петропавловск-Камчатский</b>	10.12 – 12.12.2009
<b>Энергетика. Экология. Энергосбережение - 2010</b> Южно-российская выставка-форум	<b>г. Пятигорск</b>	14.04 – 16.04.2010
<b>СНГ</b>		
<b>Промышленная экология - 2009</b> Специализированная промышленная выставка	<b>г. Киев</b>	10.06 – 12.06.2009
<b>Топливо-энергетический комплекс Украины: настоящее и будущее - 2009</b> 7-й Международный форум	<b>г. Киев</b>	23.09 – 25.09.2009
<b>Expo-Russia Armenia - 2009</b> Ежегодная российская выставка в Армении	<b>г. Ереван</b>	29.10 – 31.10.2009
<b>Энергия и энергетика - 2009</b> 8-я Международная выставка генерации, распределения и сохранения энергии, альтернативных источников энергии	<b>г. Киев</b>	03.11 – 05.11.2009
<b>Power Kazakhstan 2009</b> 8-я Международная выставка по энергетике	<b>г. Алматы, Казахстан</b>	3.11.09 – 5.11.09
<b>Aqua Ukraine - 2009</b> 7-й Международный водный форум	<b>г. Киев</b>	10.11 – 13.11.2009

**Примерный перечень зарубежных выставок, конференций**

*(конец 2008, 2009 г.)*

<b>Entsorga-Enteco - 2009</b> Международная отраслевая ярмарка, посвящённая управлению отходами и технологиям по защите окружающей среды	<b>г. Кёльн</b>	27.10 – 30.10.2009
<b>Nolia Energi &amp; Milj ovecka - 2009</b> Специализированная выставка по энергетике и окружающей среде	<b>г. Питео</b>	09.11 – 15.11.2009
<b>Branchentag Holz - 2009</b> Промышленный форум инновационной деятельности, взаимодействия и партнёрства в области древесины	<b>г. Кёльн</b>	10.11 – 11.11.2009
<b>ProWood - 2009</b> Международная выставка деревообрабатывающей промышленности - снабжения и поставок	<b>г. Гент</b>	10.11 – 14.11.2009
<b>Eg'etica-Expoenerg'etica - 2009</b> Международная ярмарка энергоэффективности и новых технологических решений в обычных и возобновляемых источниках энергии	<b>г. Валенсия</b>	25.11 – 11.2009
<b>Renexpo - 2009</b> Специализированная выставка и конгресс по возобновляемым источникам энергии	<b>г. Зальцбург</b>	26.11 – 11.2009
<b>Energie &amp; Habitat – 2009</b> 3-я Международная выставка по энергетике	<b>г. Намюр</b>	27.11 – 11.2009
<b>INFOTHERMA - 2010</b> Специализированная выставка по отоплению, энергосбережению и использованию возобновляемых источников	<b>г. Острава</b>	18.01 – 21.01.2010
<b>ExpoSolar - 2010</b> Международная выставка по солнечной энергии	<b>г. Сеул</b>	03.02 – 02.2010
<b>CENERG - 2010</b> Ярмарка, посвящённая экологически чистой энергии	<b>г. Варшава</b>	04.03 – 06.03.2010
<b>Energiesparmesse – 2010</b> Выставка энергосберегающих технологий	<b>г. Вельс</b>	05.03 – 07.03.2010



**Уважаемые партнеры**

Приглашаем к участию во 2-ом Международном форуме «**ENERGY FRESH 2010**»

Форум пройдет 23 – 24 сентября 2010 г. в г. Москве на территории ЦВК «Экспоцентр»

Форум «ENERGY FRESH» уникальное событие в области Альтернативной энергетики, в рамках которого ведущие компании рынка ВИЭ смогут продемонстрировать инновационные технологии, обсудить перспективы отрасли, наметить пути дальнейшего развития, реализовать прямые продажи.

В рамках форума состоятся специализированные мероприятия — **ВЫСТАВКА и КОНГРЕСС.**

В Форуме «ENERGY FRESH-2010» примут участие, представители правительства РФ и иностранных государств, ведущие российские и международные промышленные компании, научно-исследовательские институты, проектные бюро, частные и заинтересованные лица.

На Конгрессе планируется выступление представителей государственной власти и местного самоуправления, представителей научных кругов, венчурных, консалтинговых и маркетинговых компаний.

В выставке примут участие более 200 компаний, чей опыт и знания будут полезными в развитии ВИЭ.

**Темы Форума**

**Солнечная энергетика.** Солнечные батареи, панели, модули, элементы.

**Ветроэнергетика:** Международный опыт строительства ВЭС. Перспективы развития ВЭС в России. Технологии и оборудование.

**Гидроэнергетика.** Гидроэнергетика России. Малая гидроэнергетика — малая ГЭС, микро ГЭС. Оборудование для МГЭС. Эксплуатация МГЭС. Инжиниринг.

**Биотопливо.** Виды биотоплива, наиболее перспективные и конкурентоспособные на отечественном рынке. Выработка электроэнергии с использованием биомассы и биотоплива. Технологии и оборудование.

**Энергосбережение.** Реализованные проекты на предприятиях. Новые проекты с использованием ВИЭ.

**Инвестиции в строительство объектов ВИЭ.** Инвестиции в ВИЭ, как показатель устойчивого развития предприятия. Программы инвестирования. Реализованные проекты.

Участие в Международном форуме Energy Fresh 2010 даст Вам возможность расширить деловые контакты, получить информацию о новейших российских и зарубежных технических разработках, стимулировать поиск компаний-партнёров, а так же реализовать прямые продажи.

**Контакты:**

SBCD Экспо, Россия, Москва, Льва Толстого ул. 5/1,

Тел. +7 495 788 8891, доб.112.

Факс. +7 495 788 8892;

mailto:info@sbcdexpo.ru, Maximov@sbcdexpo.ru;

URL: <http://www.planetdreaming.ru/fresh>

*Уважаемые читатели!*

Вы можете оформить подписку на **2010** год на журнал «Малая энергетика» следующим образом:

1. Через **агентство «Роспечать»**. Подписной индекс:  
по общему каталогу — **88737**  
по научно-техническому каталогу — **58475**

2. Через **редакцию журнала «Малая энергетика»**, заполнив заявку с указанием почтового адреса, кодов ОКПО и ОКОНХ (для оформления счета-фактуры), количества экземпляров и формы получения.

Подписка оформляется:

- на полугодие (2 номера журнала),

Стоимость журнала — 1000 руб. (не включая доставку).

Форма оплаты подписки:

- по безналичному расчету на счет ОАО «НИИЭС»

Форма получения журнала:

- в редакции
- почтовая рассылка

Заявки на подписку принимаются по адресу:

125362, Москва, а/я 393, Строительный проезд, 7а.

e-mail: melihova@niies.ru;

Телефон для справок: (495) 497-21-51

Факс: (495) 363-56-51