

# М а л а я Э н е р г е т и к а

№ 1  
2004

**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 — *Бритвин С.О.*

Зам. главного редактора — *Редько И.Я.*

Ответственный секретарь — *Николаев В.Г.*

Выпускающий редактор — *Мелихова А.Г.*

Технический редактор

и корректор — *Григорьева Т.А.*

**Редакционный совет:**

*Бляшко Я.И., Грибков С.В.,  
Давыдов А.Н., Затопляев Б.С.,  
Ильковский К.К., Историк Б.Л.,  
Корпачев А.В., Парников Н.М.,  
Петленко Б.И., Реутов Б.Ф.,  
Родионов В.Б., Семенов И.В.,  
Усачев И.Н., Шпильрайн Э.Э.*

**Компьютерная верстка и дизайн:**

*Мелихова А.Г.*

**Адрес редакции:**

125362, г. Москва,  
Строительный пр-д, д. 7а.  
Тел: 497 21 51, 493 51 32.  
Факс: 363 56 51

E-mail: [pressnto@mtu-net.ru](mailto:pressnto@mtu-net.ru)

Подписано в печать 20.10.2004 г.

Формат 60x90 1/8

Бумага офсетная №1. Печать офсетная.

Объем 9 печ. л. Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии ООО «ГЕО Тек»

г. Красноармейск Моск. обл.

## Содержание

*Синюгин В.Ю.* Малая энергетика — вчера, сегодня, завтра 2

### Малая энергетика в России

*Затопляев Б.С., Редько И.Я.* Место малой энергетики в энергетическом балансе России 4

*Ильин А.А.* Роль малой энергетики в обеспечении энергетической безопасности России 11

### Техническая база малой энергетики

*Ильковский К.К., Редько И.Я., Малоземов А.А.* Дизельные энергоагрегаты — база малой энергетики 15

*Бляшко Я.И.* Опыт МНТО ИНСЭТ по созданию и эксплуатации оборудования для микро- и малых ГЭС 25

### Энергопотенциал малой энергетики

*Ганага С.В., Кудряшов Ю.И., Николаев В.Г.* Перспективы использования возобновляемых источников энергии в России 31

*Малик Л.К.* Проблемы и перспективы создания малых ГЭС на малых реках 37

*Амирова Н.Н., Волшаник В.В., Пешнин А.Г., Родионов В.Б., Юрченко А.Н.* Улучшение экологического состояния малых рек при их энергетическом использовании 49

*Историк Б.Л., Усачев И.Н., Шполянский Ю.Б.* Малая нетрадиционная морская, речная и геотермальная энергетика 54

### Малая энергетика в регионах

*Парников Н.М.* Большие проблемы малой энергетики в Республике Саха (Якутия) 59

### Нормативные документы

Основные положения проекта Федерального закона Российской Федерации «О нетрадиционных возобновляемых источниках энергии» 64

### Панорама

*Константин Ильковский.* Высказывания, мысли, раздумья ... 67

### Симпозиумы, конференции, семинары, выставки ...

Календарный план на 2004 – 2005 гг. 70

На 1-й стр. обложки — Опытно-промышленный образец ветро-энергетической установки с аэродинамическим торможением на гидроветроэнергетическом комплексе «Сенеж» (разработка ОАО «НИИЭС», реализация ЗАО «Объединение «Ингеоком»

## МАЛАЯ ЭНЕРГЕТИКА — ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

*Синюгин В.Ю., Член Правления ОАО РАО «ЕЭС России»,  
Управляющий директор Бизнес-единицы «Гидрогенерация»*

Уважаемые читатели!

Вашему вниманию предлагается первый номер периодического научно-технического журнала, посвященного малой энергетике.

Ее удельный вес в общероссийском объеме производства энергии не велик ( $\approx 10\%$ ), но значение этой составляющей энергетической индустрии России трудно переоценить.

В настоящее время малая электроэнергетика является единственной энергетической базой, обеспечивающей жизнедеятельность и функционирование многих горнодобывающих и золотодобывающих предприятий, нефтегазового комплекса Севера России, жилищно-коммунального хозяйства и муниципальных территориальных образований, хозяйствующих субъектов малого и среднего бизнеса, находящихся в зоне децентрализованного энергоснабжения. Именно на эти территории приходится львиная доля стратегической сырьевой базы, благодаря которой всегда прирастало и будет прирастать богатство страны.

К сожалению, до последнего времени малой энергетике уделялось недостаточно внимания, в результате чего в ней накопилось много острых проблем, требующих незамедлительных и эффективных решений.

В новых экономических условиях России необходима разработка концепции и соответствующих государственных, отраслевых и региональных программ развития малой энергетике, объединяющих интересы государства в лице федеральных и региональных органов, отраслей, муниципальных образований,

населения. Концепция и программы должны соответствовать пакету законов о реформировании энергетике страны, приоритетным направлениям «Энергетической стратегии России до 2020 года», требованиям рыночной инфраструктуры и быть привлекательными для инвесторов.

Существенное повышение эффективности и надежности малой энергетике должны обеспечить модернизация и внедрение новейших технологий с использованием наиболее подходящих для наших условий современных достижений мирового научно-технического прогресса и прогрессивных методов управления. По нашему глубокому убеждению, эффективное развитие и управление этой отраслью возможно лишь в рамках единой целевой структуры.

Первооружение и технический прогресс отечественной малой энергетике мы связываем с внедрением блочно-модульных электростанций, в первую очередь на газовом топливе, с высокой степенью автоматизации, значительно сокращающих расходы на организацию, эксплуатацию и управление всей системы энергообеспечения.

Сравнительно небольшая потребная мощность и мобильность объектов малой энергетике открывают широкие перспективы для применения в ней малоиспользуемых в настоящее время видов топлива: попутного и нефтяного газов, сырой нефти, торфа, биомассы, промышленных отходов, продуктов пиролиза и пр., а также нетрадиционных

возобновляемых источников энергии: приливной, ветровой, геотермальной, солнечной. Энергоснабжение большинства производств могут обеспечить миниТЭЦ, приближенные к малообъемным угольным месторождениям.

РАО «ЕЭС России» в инициативном порядке разработало и активно приступило к реализации целевых программ развития отечественной малой энергетики и ветроэнергетики. Одним из наиболее значительных проектов, реализуемых в рамках этих программ, является участие в комплексной модернизации дизельного парка Республики Саха, принесшей республике ощутимые дивиденды в виде инновационных технологий, двукратной экономии дизельного топлива, повышения надежности энергоснабжения.

Более скромным по масштабам, но исключительно важным для приобретения опыта является проект крупнейшей в России ветроэлектрической станции мощностью 50 МВт, возводимой на Балтийском побережье Калининградской области.

Реализуемые в настоящее время целевые программы призваны снизить себестоимость энерговыработки и тарифов на электроэнергию для всех групп потребителей и уменьшить себестоимость производств промышленных предприятий, высвободив столь нужные резервы для текущего социального субсиди-

рования, а также для развития перспективных регионов Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера. Другой важнейшей задачей является привлечение инвестиций для полномасштабной модернизации малой энергетики, успешное решение которой возможно лишь при содействии государства и регионов и при соответствующем дополнении нормативно-правовой и законодательной базы.

РАО «ЕЭС России», осознавая всю сложность современных проблем в российской малой энергетике, тем не менее с полной ответственностью приступило к их решению. При этом мы надеемся на кооперацию всех заинтересованных в развитии данной области регионов, отраслей, институтов и организаций страны.

Большие надежды в связи с этим мы возлагаем и на настоящий журнал, призванный внести свою лепту в решение упомянутых проблем. Надеемся, он будет способствовать пропаганде новых идей и технологий, нахождению истины в дискуссионных вопросах и координации совместных действий на благо отечественной энергетики.

Член Правления ОАО РАО «ЕЭС России»,  
Управляющий директор  
Бизнес-единицы «Гидрогенерация»

*В.Ю. Синюгин*

## МЕСТО МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ БАЛАНСЕ РОССИИ

*Затопляев Б.С., Советник Председателя Правления ОАО РАО «ЕЭС России»  
Редько И.Я., д.т.н., директор НИЦ малой энергетики ОАО «НИИЭС»*

В электроэнергетике к малым электростанциям принято относить электростанции (ЭС) мощностью до 30 МВт с агрегатами единичной мощностью до 10 МВт. Малые электростанции в соответствии с их мощностью подразделяют на три группы: микроЭС — до 100 кВт, мини-ЭС — от 100 кВт до 1 МВт и малые ЭС — мощностью более 1 МВт. Основу малой энергетики (МЭ) России в настоящее время составляют до 50 тысяч различных (преимущественно дизельных) электростанций (более 98% от общего числа) средней единичной мощностью  $\approx 340$  кВт и суммарной мощностью 17 млн.кВт (8% от общей установленной в России мощности), вырабатывающих до 50 млрд.кВт\*час и потребляющих  $\approx 17$  млн. т у.т. в год.

В теплоэнергетике к малым относятся отопительные устройства и котлы единичной мощностью до 5 Гкал/ч и котельные общей производительностью до 20 Гкал/ч. Производство тепла малыми котельными, индивидуальными отопительными установками, которых насчитывается в стране около 200 тысяч, достигает 26% от общего производства тепла в РФ.

В обслуживании объектов МЭ в настоящее время занято до 2 млн. человек.

На долю МЭ в топливно-энергетическом балансе страны приходится около 10% и 20% вырабатываемой электроэнергии и тепла соответственно.

Несмотря на относительно скромную долю МЭ в общем энергобалансе страны по сравнению с большой энергетикой, ее значимость в жизни страны чрезвычайно велика. По разным оценкам 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 МЭ. Из них  $\approx 180$  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.

В 1990 г. на северных территориях вырабатывалось около 14% электрической энергии РФ. За последние годы объем промышленного производства на Севере сократился больше чем в среднем по России (в отдельных районах до 21 – 30% против 19% в целом по РФ), что привело к появлению в этих регионах безработицы и существенному оттоку населения (см. рисунок).



### Техническая база малой энергетики и основные энергоносители

В качестве энергоисточников в МЭ используются: установки на базе сгораемого топлива — дизельные (ДЭУ), бензиновые (БЭУ), газотурбинные (ГТУ), парогазовые (ПГУ); установки на базе возобновляемых энергоносителей — малые гидростанции (МГЭС), ветроэнергетические (ВЭУ), на биотопливе, геотермальные, приливные, фотоэлектрические и солнечные коллекторы (СК); различные сочетания, называемые гибридными системами.

Базу МЭ в настоящее время составляют ДЭУ, насчитывающие до 47 из 50 тысяч малых электростанций России.

Все большее внимание малой энергетики привлекают **дизельные электротепловые станции (ДЭТС)**, обеспечивающие комбинированную выработку электрической и тепловой энергии за счет утилизации тепловых потерь с выхлопными газами и **газодизельные электростанции (ГДЭС)** на природном газе.

В стадии внедрения в МЭ находятся **газотурбинные электроустановки (ГЭУ)**, обладающие высокими массогабаритными показателями (их удельная массовая мощность составляет 0,11 – 0,14 кВт/кг против 0,03 – 0,05 кВт/кг для лучших ДЭУ), но имеющие по сравнению с ДЭУ существенно меньший КПД (порядка 0,17 – 0,2) и большой расход топлива.

Обладая высокой шумностью, ГЭУ используются, главным образом, на передвижных резервных и автономных ЭС. К сожалению, отечественные ГЭУ в настоящее время существенно уступают зарубежным по удельному расходу топлива (440 против 350 г/кВт\*ч), а также по ресурсу (6000 против 40000 часов) и наработке на отказ (600 против 2500 часов).

В последние годы не только в зонах децентрализованного энергоснабжения, но даже в зонах действия централизованных систем теплоснабжения набирает темпы строительство чрезвычайно перспективных автономных децентрализованных систем малой мощности на базе **автономных газовых котельных (АГК)**, требующих значительно меньших капитальных затрат при строительстве и обеспечивающих потребителю большую независимость и надежность обеспечения теплом. Коэффициент полезного действия современных автоматизированных АГК достигает 92 – 93 %. Их экономичность обусловлена снижением потерь при транспортировке теплоносителя на значительные расстояния и ма-

лой металлоемкостью трубопроводов, а также избыточным распределением тепловой энергии между многочисленными потребителями. Размещение АГК не требует специальных зданий, а их эксплуатация не требует постоянного эксплуатационного персонала (котельная на замке).

Не менее двух третей котельных в зонах децентрализованного энергоснабжения работают на твердом топливе с малой эффективностью, обусловленной низкой его теплотворной способностью и высокой зольностью. Весьма перспективным направлением повышения их эффективности является переход на технологию сжигания твердого топлива в псевдосжиженном или кипящем слое [1]. Сжигание топлива в кипящем слое обеспечивается продуваемым через слой воздушным потоком, интенсивно перемешивающим частицы топлива и удаляющим из зоны горения газообразные продукты сгорания, обеспечивая 98 – 99% -ное сжигание топлива с зольностью более 80%. Реализация этой прогрессивной технологии возможна не только при создании новых типов котлов, но и при модернизации существующих котлов малой и средней мощности.

Перспективными для МЭ представляются технологии использования **газотурбинных (ГТУ) мощностью 600 – 2500 кВт** и **турбогенераторных установок (ТГУ) мощностью 500 – 4000 кВт** для перевода паровых котельных на парогазовый цикл, обеспечивающий повышение их экономичности и коэффициента использования топлива.

ГТУ и ТГУ устанавливаются в действующих и строящихся котельных на линиях дросселирования пара, а также в энергоблоках на базе пневмоэлектрогенераторных агрегатов (ПЭГА) мощностью 300 и 600 кВт, устанавливаемых на компрессорных и газораспределительных станциях и пунктах. Такие ТГУ и ПЭГА играют роль резервных и аварийных источников электроэнергии как для жилых и промышленных объектов, так и для самих котельных.

Весьма перспективными для МЭ могли бы стать атомные электростанции и атомные ТЭЦ малой мощности 1 – 10 МВт, в том числе плавающего базирования [1].

С прогрессом технологий эффективными для энергообеспечения потребителей малой мощности могут стать **электрохимические электростанции (топливные элементы)**.

В индустриально развитых странах бурное развитие в последние два десятилетия получи-

ли возобновляемые или нетрадиционные источники энергии (НВИЭ), к которым относятся малые ГЭС, геотермальные электростанции (на горячей воде, паре, тепле твердых пород и на магме), ветроэлектрические (ВЭС), солнечные, тепловые и фотоэлектрические, волновые и приливные, а также электростанции на муниципальных отходах и на биомассе (сельскохозяйственных и растительных отходах).

Согласно данным детальных исследований и передовому мировому опыту в недалекой перспективе (2010 – 2020 гг.) с традиционной электроэнергетикой смогут конкурировать малые ГЭС, геотермальные электростанции на ближнем тепле (на горячих источниках и гейзерах) и наземные ВЭС. Именно эти виды ВИЭ должны рассматриваться как приоритетные для первоочередного развития и внедрения в практику. Для других видов ВИЭ также, несомненно, найдутся специфические области эффективного применения их специальных свойств.

Отметим, что для зон децентрализованного электроснабжения чрезвычайный интерес представляют комбинированные или гибридные установки, сочетающие в себе НВИЭ (прежде всего ВЭС и малые ГЭС) с дизельными электростанциями. Комбинация ВИЭ и ДЭУ будет экономически оправдана в том случае, если расчетные затраты на ВИЭ будут сопоставимы со стоимостью сэкономленного топлива и ресурса ДЭС.

Современные тенденции резкого удорожания топлива и транспортных расходов, а также бурный прогресс ВИЭ могут уже в ближайшем будущем существенно расширить зоны экономически целесообразного применения гибридных энергоустановок.

Техническую базу возобновляемой теплоэнергетики в настоящее время составляют тепловые насосы, установки солнечного теплоснабжения, пиковые электронагреватели, аккумуляторы тепла различного вида и их комбинации между собой и с котельными и ДЭС. К сожалению, эти эффективно и широко используемые за рубежом установки внедряются в отечественную практику также медленно, как и возобновляемые источники энергии.

Успешное развитие малой энергетики тесно связано с прогрессом в области электрооборудования и средств автоматики.

Применение полупроводниковых управляемых выпрямителей, инверторов, преобразователей частоты, бесконтактных тиристорных выключателей, контакторов, переключателей

сети, устройств автоматического ввода резерва, токоограничивающих устройств, частотно-регулируемых электроприводов и других элементов современной энергетической электроники открывает широкие возможности для создания адаптивных энергетических комплексов, эффективно использующих все возможные и целесообразные для данных условий виды электроэнергии. Эффективность малой энергетики может быть также существенно повышена при широком использовании современных средств коммутации, релейной защиты, приборов учета и контроля, систем автоматического управления и диагностики на базе микропроцессорных технологий.

Все перечисленные и многие другие новшества электротехники и электроники сегодня широко представлены на энергетическом рынке, но большинство из них производится на основе зарубежных комплектующих, а чаще всего просто импортируется. Та же ситуация имеет место и с самими источниками электрической и тепловой энергии.

Сильная зависимость отечественной энергетики от поставок зарубежного оборудования является, как известно, угрозой энергетической безопасности страны. В связи с этим одной из важнейших практических задач должно быть всемерное содействие быстрейшему освоению и обобщению лучшего зарубежного опыта, его активному внедрению в отечественную промышленность с целью переориентирования современной энергетической техники на оборудование отечественного производства.

Принципиально важной для МЭ является современная тенденция построения адаптивных систем электро- и теплоснабжения на основе применения блочно-модульных установок.

Такой подход позволяет на основе небольшого числа оптимально выбранных и унифицированных блоков-модулей различного назначения синтезировать системы с различной структурой и приспособливать их к конкретным требованиям потребителей. Сочетание блочно-модульного принципа построения энергетических установок и их контейнерного базирования может существенно сократить сроки их монтажа и пуска, повысить эксплуатационные характеристики, уменьшить сроки окупаемости.

***Энергетическая и экономическая эффективность малой энергетики России***

Оценка состояния МЭ определяется ее надежностью (бесперебойностью энергоснабжения),

энергетической и экономической эффективности. Надежность в децентрализованных зонах зависит главным образом от обеспеченности топливом, износа оборудования, наличия ремонтной базы и квалифицированных кадров.

Энергетическая эффективность МЭ определяется гарантированностью энергообеспечения потребителей на заданном уровне в любое время года, ресурсом и бесперебойностью энергообеспечения (наработкой на отказ, износом и ремонтными простоями), минимальным расходом топлива и времени обслуживания на единицу вырабатываемой энергии.

Экономическая эффективность МЭ (стоимость производимой энергии, окупаемость, возврат инвестиций и пр.) определяется затратами средств на выработку единицы энергии за весь ресурсный или за определенный период, то есть капитальными вложениями средств при строительстве ЭС, их эксплуатационной стоимостью, включая расходы на топливо и ремонт, а также энергетической эффективностью действующих и вновь вводимых мощностей.

Надежность МЭ в России в последние годы существенно снижается из-за проблем топливоснабжения, износа оборудования, ослабления ремонтной базы и оттока из отрасли квалифицированных кадров.

Перебои в снабжении привозным топливом отдаленных регионов в связи с возрастанием стоимости органического топлива и его доставки и дефицитом средств в местных бюджетах — одна из главных причин снижения надежности энергоснабжения МЭ в последние годы.

Вторая причина — исчерпание ресурса и реальные перспективы массового выбытия из рабочего состояния оборудования большой энергетики, износ которого в среднем превышает 70%. По объектам МЭ износ оборудования также составляет  $\approx 70\%$ .

Усредненный износ парка ДЭС для удаленных районов составляет более 75%. Расход топлива на 1 кВт\*час полученной электроэнергии доходит для ДЭС до 400 – 450 г/кВт\*час (вместо нормативных 240 – 260 г/кВт\*час). Так, в Якутии на ДЭС производится  $\approx 6\%$  суммарной электроэнергии республики, но на их содержание уходит до трети общих затрат на всю ее энергетику. Себестоимость 1 кВт\*час в труднодоступных районах доходит до 10 руб./кВт\*час.

Большинство современных отечественных электрических и тепловых станций большой энергетики страны работают на паросиловых циклах с КПД использования топлива не бо-

лее 40%, в то время как более энергетически эффективные парогазотурбинные циклы, активно внедряемые за рубежом, имеют КПД использования топлива до 55% и выше. В случае перевооружения годовая экономия сжигаемого на ЭС газа могла бы составить 45 – 50 млрд.м<sup>3</sup> или в пересчете по экспортным ценам  $\approx 3$  млрд. долларов США.

Основной проблемой МЭ с точки зрения энергетической безопасности является прогрессирующее старение ее основных производственных фондов, вызванное спадом инвестиций в отрасль (почти в 3,5 раза за 1992 – 2001 гг. в сопоставимых ценах) [2] при малости бюджетного финансирования и заемных средств.

В настоящее время только в отдаленных районах Севера эксплуатируется более 12 тысяч ДЭС мощностью от 100 кВт до 3,5 МВт. Коэффициент использования установленной мощности на действующих ДЭС составляет как правило 0,11 – 0,16 при больших эксплуатационных расходах (и большом количестве обслуживающего персонала) и высокой себестоимости вырабатываемой электроэнергии, доходящей до 8 – 10 руб./кВт\*час [3].

Теплоснабжение, являясь самым социальным значимым, одновременно является и самым экономически неблагополучным сегментом топливно-энергетического комплекса России. Из-за территориальной и ведомственной разобщенности оно представлено в виде разрозненных звеньев и, в отличие от других отраслей ТЭК, не объединено общей технической, структурно-инвестиционной и организационной политикой. Практически на всех стадиях — от производства до потребления — теплоснабжение находится в кризисном состоянии.

В регионах децентрализованного теплоснабжения производится до 26% тепла России, составившего в 2000 г. около 2020 млн.Гкал (примерно на 20% ниже уровня 1991 г., главным образом за счет сокращения расходов тепла на производственные нужды [2]).

Основу тепловых станций МЭ составляют 64 тысячи котельных мощностью менее 20 Гкал/ч со средней производительностью 2 – 3 Гкал/час (только в районах Азиатского Севера России действует около 5 тысяч таких котельных) и до 600 тысяч автономных (индивидуальных) генераторов тепла, работающих на привозном угле или жидком топливе [4]. В целом они по теплотехническим и экономическим показателям, за исключением новых

типов автономных теплогенераторов на газе, значительно уступают крупным котельным.

Неудовлетворительным является и состояние тепловых сетей из-за огромных в них теплопотерь, морального старения и несоответствия современным требованиям, высокой аварийности. По данным [4] аварийность в коммунальных тепловых сетях растет практически в геометрической прогрессии и на 2000 г. составляла 0,9 случая на один км в год на трубопроводах больших диаметров и 3 случая в год на трубопроводах диаметром менее 200 мм. Протяженность нуждающихся в замене трубопроводов опережает рост общей длины тепловых и паровых сетей. Если в 1997 г. требовалось заменить 14,4% общей протяженности этой сети, то в 2000 г. — 16,2%, а в 2003 г. уже ≈ 20% [5].

В целом по России рентабельность теплоснабжения ТЭЦ, принадлежащих региональным АО-энерго, относительно мала, а у котельных МЭ существенно убыточна.

### **Современное значение и роль МЭ**

Малая энергетика в настоящее время обслуживает: интересы многих отраслей народного хозяйства и государственных структур, прежде всего предприятий нефтегазового комплекса и металлургии, удаленных от магистралей, а также деревообрабатывающей промышленности; многие инфраструктуры городского и поселкового хозяйства, объекты связи и коммуникаций различного назначения; разведки и добычи ископаемых, транспорта, лесной промышленности и сельского хозяйства, объекты силовых ведомств, МЧС, МО и другие.

Роль МЭ в энергообеспечении страны сводится в настоящее время к двум функциям.

В зонах централизованного энергоснабжения роль МЭ ограничена, в основном, функцией резервирования на локальных уровнях при критических и чрезвычайных ситуациях — обеспечении при прекращении работы централизованных энергетических систем минимального энергоснабжения наиболее важных потребителей промышленных объектов с непрерывным производством, служб, обеспечивающих жизненно важные потребности городов (транспорт, связь, телевидение и радиовещание, медицинские учреждения и пр.).

В зонах децентрализованного энергоснабжения роль малой энергетики в обеспечении энергетической безопасности (ЭБ) является определяющей. Автономные электростанции и котельные малой мощности должны полностью обеспечивать потребности в энергии в ре-

жиме штатного функционирования и в минимально гарантированном объеме в критических и чрезвычайных ситуациях. Для таких объектов, находящихся, как правило, в регионах с суровым климатом, тяжелой и дорогой доставкой грузов, удаленностью от центров снабжения и информации, все аспекты обеспечения ЭБ (наличие на рынке, цена, качество, способ транспортировки, обеспечение топливом, эксплуатационные и технико-экономические характеристики, ресурс, возможность замены и модернизации и т. п.) имеют определяющее значение. Для рассматриваемых объектов принципиальное значение могут иметь местные альтернативные виды энергоресурсов, в том числе и возобновляемые, пока не влияющие существенно на энергетический баланс большой энергетики.

### **Проблемы МЭ и перспективы расширения базы энергоносителей**

В случаях, когда малые электростанции (например, газодизельные) или котельные (на газе) по своим технико-экономическим показателям конкурируют с централизованным электро- и теплоснабжением, они могут не только обеспечивать независимость объектов снабжения от перебоев в централизованных системах, повышая их энергетическую безопасность, но и быть важным дополнительным, эффективным источником энергии.

Для повышения экономической эффективности и окупаемости вложенных в резервное электроснабжение средств целесообразно шире использовать постоянный режим работы резервных электростанций. Для этого необходимо законодательно определить, как это сделано в ряде зарубежных стран, возможность свободной продажи электроэнергии централизованным энергетическим системам (когда она в избытке на объекте) и покупки ее в этих системах (когда на объекте дефицит энергии) по взаимовыгодной цене. Повышение ЭБ в зонах децентрализованного энергоснабжения за счет строительства эффективных в техническом и экономическом отношении резервных электрических и тепловых станций МЭ должно поощряться государством всеми доступными экономическими и юридическими средствами.

Важными аргументами в пользу МЭ являются незначительные инвестиции при реализации ее проектов по сравнению с большой энергетикой, ускоренные сроки окупаемости, что делает резервное электроснабжение за



счет средств малой энергетики приемлемым для предприятий и организаций с ограниченными капиталами.

Последние годы характеризуются обострением проблем как большой, так и малой энергетики России, вызванным общим кризисом страны и ее изменившимся внешним политическим и экономическим положением. Демонтаж государственной централизованной системы обеспечения и развития энергетики и дефицит капиталовложений и инвестиций в топливно-энергетический комплекс повлекли за собой практическое прекращение разработок и внедрение нового энергетического оборудования и техники, хронические недопоставки топлива, критический износ и моральное старение основных мощностей, снижение энергетической и экономической эффективности производства энергии, разрушение ремонтной базы, отток квалифицированных специалистов и пр.

В последние годы к крайне острой проблеме эффективности энергетики России добавилась серьезнейшая проблема ее ЭБ — важной компоненты национальной безопасности страны. Под ЭБ понимают защищенность государства, общества, экономики от обусловленного внутренними и внешними факторами дефицита энергообеспечения на разных уровнях: федеральном, региональном или ведомственном и местном. ЭБ рассматривают для трех основных случаев, соответствующих нормальным (обеспечение в полном объеме потребностей в энергии и энергетических ресурсах), критическим и чрезвычайным условиям функционирования (гарантированное обеспечение минимально необходимых потребностей в энергии и энергоресурсах) [6, 2].

В качестве угроз ЭБ выделяются: внутригосударственные экономические, управленческо-правовые и социальные и внешние политические, экономические, военные угрозы; стихийные бедствия, природные и техногенные катастрофы; в последние годы к ним добавились вполне реальные террористические угрозы. Особенно уязвимы от указанных внешних факторов централизованные энергетические системы, поэтому важнейшая роль в обеспечении ЭБ страны должна отводиться малой энергетике.

В последние десятилетия в ряде районов страны приобретают все большую остроту проблемы экологии, в частности на побережьях

Черного и Азовского морей, в Прибайкалье, Алтайском крае и пр., что в значительной степени связано с вредными выбросами устаревших энергетических установок, в том числе маломощных. Коренным образом изменить неблагоприятную ситуацию могла бы малая энергетика на основе возобновляемых энергоносителей: энергии ветра, солнца, водотоков небольших рек, геотермального тепла.

Еще одним перспективным направлением использования МЭ могло бы стать решение проблемы экономии ценных высококалорийных топлив для ДЭС (17 млн. т у.т./год) за счет их замены и использования локальных энергоресурсов: бросового тепла, отходов производства и жизнедеятельности, биотоплива, низкокалорийных и местных видов топлива органического происхождения (попутный нефтяной, шахтный и пиролизный газ, сырая нефть, торф, бурый уголь, дрова и пр.), при этом одновременно решаются задачи эффективного энергоснабжения и улучшения экологической обстановки.

Весьма перспективно строительство малых ЭС на отдельных отработанных нефтяных скважинах, а также в районах расположения малодебитных незадействованных скважин.

В настоящее время с учетом российской специфики весьма перспективным представляется внедрение преимущественно газотурбинной техники и ресурсосберегающих технологий в связи с наличием в большинстве регионов страны природного газа и готовностью целого ряда отечественных, в том числе конверсионных, предприятий к серийному выпуску ГТУ единичной мощностью 0,5 – 30 МВт, а также в связи с их высокой экономической эффективностью: малыми капитальными затратами и сроками строительства (0,5 – 2 года), быстрой окупаемостью (2 – 3 года) при их строительстве «под ключ».

В первую очередь это относится к малым ГТУ-ТЭЦ, вырабатывающим тепло и электроэнергию. Так, в странах ЕС прогнозируется рост суммарной мощности ГТУ-ТЭЦ небольшой мощности с 74 ГВт в 2000 г. до 91 – 135 ГВт в 2010 г. и в зависимости от энергетической политики ЕС до 124 – 195 ГВт в 2020 г., что составляет 12% от суммарной установленной мощности стран ЕС в 2000 г., 13 – 18% — в 2010 г., 15 – 22% — в 2020 г.

Таким образом, развитие малой региональной энергетики способно существенно сократить затраты на производство энергии, охра-

ну окружающей среды и повысить надежность системы теплоэлектроснабжения страны в целом.

### **Необходимые условия развития МЭ**

Ускоренное и успешное развитие и расширенное внедрение высокоэффективной МЭ возможно лишь при выполнении ряда необходимых условий:

создание государственного и региональных органов, координирующих, управляющих и организующих развитие МЭ в регионах и в стране в целом, в том числе создание общероссийского Комитета или Совета по малой энергетике для координации усилий всех заинтересованных организаций в решении проблем развития рынка МЭ, ее нормативно-правовой базы, организации и проведении маркетинговых проработок, а также формирование независимой экспертной комиссии для рассмотрения и оценки проектов законодательных и нормативных актов в области малой и нетрадиционной энергетике, а также крупных проектов энергетических программ и проектов государственного значения;

проведение комплексных исследований состояния и перспектив энергоснабжения на основе МЭ, в первую очередь в удаленных, труднодоступных и энергодефицитных регионах страны;

разработка федеральных и региональных программ, обеспечивающих ускоренное и успешное развитие и внедрение высокоэффективной МЭ и решение проблемы ЭБ отдельных регионов и России в целом;

создание законодательной базы для ускоренного развития отечественного рынка МЭ; актуальным является подготовка законодательного обоснования на федеральном и региональных уровнях проблемы сбережения всех видов энергии и энергетических ресурсов, разработка и принятие Законов РФ прямого действия «О малой энергетике», «О теплоснабжении», «О государственной политике в сфере использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии»;

развитие нормативно-правовой базы по проектированию и строительству объектов малой энергетике, обеспечению их надежности и экономической эффективности;

разработка экономических и организационных механизмов реализации мер по развитию МЭ и обеспечению ЭБ страны в новых социально-экономических и политических условиях;

создание на правовой основе системы стимулирования разработчиков, производителей и заказчиков, внедряющих в практику новую энергетическую технику и технологии (налоговые льготы, льготное кредитование, гибкие тарифы, возможность взаимных поставок энергии с региональными и местными энергосистемами и т.п.);

организация и ускоренное проведение предпроектных исследований, подготовка объективных технико-экономических обоснований и бизнес-планов проектов МЭ с учетом предложений зарубежного и отечественного рынка энергопроизводителей, а также условий их реализации и финансирования;

формирование жизнеспособной технической, проектно-изыскательской, строительномонтажной и ремонтной базы для разработок, внедрения и эксплуатации объектов МЭ;

разработка действенных инвестиционных механизмов для полномасштабной реализации программ технического перевооружения МЭ страны;

организация демонстрационных зон и пилотных полигонов на базе газотурбинных, парогазовых и паротурбинных установок, современных ДЭС и ДВС, миниГЭС, ВЭУ, пр.;

организация системы подготовки инженеров-энергетиков широкого профиля (электротехнического и теплоэнергетического) для проектирования, строительства и эксплуатации энергетических систем МЭ на базе современных технологий и перспективных энергоисточников; развитие в данном направлении Государственных образовательных стандартов по специальности «Энергетика», а также программ энергетических вузов страны, в основном ориентированных в настоящее время на большую энергетику и узко профилированные специальности.

создание системы экспертно-аналитического и информационно-рекламного сопровождения и поддержки МЭ; подготовка и распространение каталогов и баз данных по энергетическому оборудованию МЭ, серийно выпускаемому и разрабатываемому отечественными и зарубежными производителями.

В развитие МЭ ряд усилий предпринято НПЦ малой энергетике ОАО «НИИЭС». В соответствии с ведомственными планами в Центре начаты и активно осуществляются:

разработка комплекса мер государственной поддержки МЭ и НВИЭ;

разработка нормативной базы развития ветроэнергетики;

подготовка курсов повышения квалификации в области возобновляемой энергетики; организован и работает ведомственный Совет по развитию возобновляемой энергетики; проводится работа по выпуску ведомственного периодического журнала «Малая энергетика».

В плане технического развития совместно с правительством Республики Саха и ОАО «Сахаэнерго» начаты перспективные разработки автономной надежной и экономичной системы

энергоснабжения, удовлетворяющей следующим основным техническим требованиям: многофункциональности, многотопливности, утилизации сбросного тепла, возможности совместной работы ДВС-электростанции с нетрадиционными источниками энергии, высокому уровню автоматизации, стабилизации промышленной частоты тока независимо от частоты вращения ДВС, демпфированию колебаний нагрузки со стороны потребителя на коленвал ДВС, транспортабельности, конструктивной унификации.

**ЛИТЕРАТУРА:** 1. *Кривицкий А.С.* Перспектива использования атомных станций малой мощности. Сборник докладов международной научно-практической конференции «Малая энергетика-2002», Москва, 2002. 2. *Михайлов А.К.* Малая энергетика и энергетическая безопасность. Сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции «Энергетическая безопасность и малая энергетика. XXI век» Санкт-Петербург, 2002. 3. *Ливинский А.П., Редько И.Я., Кобец Б.Б.* Проблемы автономного энергоснабжения потребителей Крайнего Севера и пути их решения. Сборник докладов международной научно-практической конференции «Малая энергетика-2002», Москва, 2002. 4. *Мастепанов А.М.* Энергетическая безопасность Российской Федерации: состояние и основные направления обеспечения. ТЭК, 2001, № 1. 5. *Воропай Н.И.* Энергетическая безопасность России и малая энергетика. Сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции «Энергетическая безопасность и малая энергетика. XXI век», Санкт-Петербург, 2002. 6. *Ильин А.А.* Роль малой энергетики в обеспечении энергетической безопасности России. Сборник докладов международной научно-практической конференции «Малая энергетика-2002», Москва, 2002. 7. *Ливинский А.П., Редько И.Я.* Многофункциональный энерготехнологический комплекс на базе гибридной ДВС-электростанции. Сборник докладов международной научно-практической конференции «Малая энергетика-2002», Москва, 2002.

### РОЛЬ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ

*Ильин А.А., д.т.н., президент Российской Ассоциации малой и нетрадиционной энергетики*

Энергетическая безопасность страны определяется состоянием энергетики, которое характеризуется:

необходимостью гарантированного энергоснабжения стратегически важных объектов страны и жилищно-коммунального сектора в целом;

обязательным соблюдением в тарифной политике финансово-экономических интересов всех видов энергопотребителей;

обеспечением выживаемости промышленных и других объектов в сложившихся условиях.

В действующем законодательстве России, в отличие от западных стран, отсутствуют Положения по выживаемости отечественной энергетики и условиям развития малой — местной региональной энергетики.

Актуальность рассматриваемой проблемы обостряется с каждым годом. С учетом со-

временной действительности необходимо решение следующих задач:

проведение анализа оценки состояния энергетики и, в первую очередь, в энергодефицитных регионах страны;

разработка методологии исследования живучести действующей энергетики России и обоснование мер по обеспечению энергобезопасности в условиях непрерывного роста частоты возникновения критических и чрезвычайных ситуаций;

обоснование принципов и мероприятий по обеспечению энергобезопасности отдельных регионов и России в целом;

разработка экономических, правовых и организационных механизмов реализации мер по обеспечению энергобезопасности страны в новых социально-экономических и политических условиях;

формирование жизнеспособной технической, проектно-изыскательской, строительно-монтажной и организационно-правовой базы.

Состояние энергетики в настоящее время повсеместно характеризуется:

закритическим старением с перспективой массового выбытия из рабочего состояния, оборудования большой энергетики, износ которого в среднем уже превышает 70 %;

отсутствием действенного инвестиционного механизма и сложившейся системой неплатежей потребителей электрической и тепловой энергии, что затрудняет инвестиционную деятельность и не позволяет развернуть программу технического перевооружения энергетики в необходимых объемах, требующихся в связи с критическим износом энергооборудования;

отсутствием возможности внедрения новейших экономически и экологически более выгодных средств малой энергетики;

развалом ранее созданного строительного и энергомашиностроительного пространства; повсеместным обострением экологической ситуации;

проведением разорительной тарифной политики и пр.

Исходя из экономической оценки к числу наиболее жизнеспособных средств эффективного энергообеспечения большинства регионов страны относятся установки малой энергетики (МЭ).

В настоящее время с учетом российской специфики наиболее перспективно внедрение энергоагрегатов небольшой мощности, преимущественно газотурбинных, и ресурсосберегающих технологий. Это связано с целым рядом обстоятельств:

наличием в большинстве регионов страны природного газа;

готовностью целого ряда отечественных, преимущественно конверсионных, заводов к серийному выпуску газотурбинных электростанций единичной мощностью ГТУ 0,5 – 30 МВт;

малыми капитальными затратами на строительство «под ключ» электроустановок малой мощности;

малыми сроками строительства ГТУ (0,5 – 2 года);

высокой экономичностью и быстрой окупаемостью (2 – 3 года);

уходом от дальнейшего развития дорогостоящих протяженных ЛЭП, что особенно важно в российских условиях при огромных территориальных размещениях.

Таким образом, с целью ускорения инвестиционного цикла подъема энергетики далее приоритет следует отдавать не мощным дорогостоящим и долго строящимся объектам, а сооружению энергообъектов относительно малой мощности, соответствующих реальным потребностям территориального пообъектного спроса в энергоресурсах с использованием преимущественно местных видов топлива с задействованием при этом даже отходов производства.

Целесообразна ориентация в регионах на строительство установок малой энергетики, в большей степени способных решать проблему энергобезопасности в целом ряде регионов, преимущественно за счет средств самого заказчика. Это особенно относится к наиболее удаленным регионам России. В центральных же регионах страны необходимо рациональное сочетание действующей большой энергетики РАО «ЕЭС России» и вновь создаваемой малой энергетики. Вполне оправданы в настоящее время будут усилия, направленные на решение организационно-технических и финансово-экономических вопросов, а также нормативно-правового обеспечения проблемы энергобезопасности страны как на федеральном, так и на региональном уровне.

Развитие малой региональной энергетики способно существенно сократить затраты на производство энергии, охрану окружающей среды и повысить надежность системы теплоэлектроснабжения в целом.

Установки МЭ мощностью 1 – 25 МВт способны уже в настоящее время явиться резервом на важнейших стратегических объектах, оперативно преодолевать кризисные явления при возникновении аварийных чрезвычайных ситуаций.

Наиболее рациональным развитием энергорынка в сложившейся конъюнктуре является привлечение поставок зарубежного оборудования МЭ в сочетании с энергоустановками отечественных заводов.

Для эффективного развития общей энергетики с внедрением на местах оборудования альтернативной энергетики необходимо создание условий для:

всемерного развития альтернативной энергетики как базовой в удаленных хронически энергодефицитных регионах страны;

стимулирования внедрения МЭ в центральных регионах России с целью восполнения выбытия необходимых энергоресурсов в свя-

зи с запредельным старением имеющегося оборудования на действующих энергообъектах с привлечением преимущественно внебюджетного финансирования;

поддержки разумной децентрализации энергетических мощностей с максимальным их приближением к потребителю с целью сокращения потерь в сетях транспорта и распределения топливно-энергетических ресурсов;

внедрения принципов эффективной конкуренции большой и малой энергетики с целью ослабления действий разорительной тарифной политики.

### **Основные положения комплексной программы развития малой энергетики**

В настоящее время имеются реальные возможности эффективного развития малой энергетики одновременно с достижением устойчивого энергообеспечения потребителей энергии.

Такое положение вполне достижимо при рациональном сочетании действующей большой энергетики — естественной монополии — и вновь создаваемой на местах малой энергетики, уже зарекомендовавшей себя выгодной, особенно для предприимчивого потребителя (заказчика), своей надежной независимой системой энергообеспечения.

Оперативное решение проблемы устойчивой и, вместе с тем, экономически и экологически более приемлемой системы энергоснабжения уже сегодня реализуется путем строительства собственных электростанций на местах.

Увеличивающийся поток запросов от заказчиков различного типа на строительство собственных электростанций объясняется невыгодным ростом цен-тарифов на отпускаемые монополией энергоресурсы, ростом частоты возникновения в действующей системе аварийных ситуаций из-за запредельного старения оборудования, развивающейся практикой веерных отключений энергопотребителей по причинам неплатежей и др.

Запросы на строительство собственных электростанций объясняются их выгодностью, экономичностью (1 кВт/час собственной энергии обходится в несколько раз дешевле), большой их надежностью. Имеющийся зарубежный опыт внедрения МЭ, появившийся после возникновения кризисного положения в топливно-энергетическом комплексе в ведущих странах Запада, составляет уже более 20 лет.

К числу наиболее перспективных видов альтернативной (малой, нетрадиционной, собственной, коммерческой) энергетики следует отнести энергоустановки, работающие на природном и попутном нефтяном газе, а также шахтном и пиролизном газе, на сырой нефти и отходах производства, решающие одновременно задачи эффективного энергоснабжения и улучшения экологической обстановки. В настоящее время рынок сбыта МЭ находит своих заказчиков прежде всего от предприятий нефтегазового комплекса, весьма удаленных от магистралей, а также металлургии, деревообрабатывающей промышленности и других отраслей хозяйства.

Уже проявляется живой интерес даже к формированию объектов коммунальной энергетики.

В течении последних 5 – 7 лет отечественная промышленность освоила выпуск достаточно большого набора оборудования МЭ различной мощности (до 30 МВт единичной мощности), причем с ориентиром на использование различных видов местного топлива. Отечественные заводы, совместно с зарубежными фирмами, готовы к поставке газотурбинных, парогазовых и дизельных установок, различных котельных с использованием различных видов топлива, что является важным в связи с опережающим ростом цен на уголь, и особенно на мазут, по сравнению с динамикой тарифов на энергию, сдерживаемой государственным регулированием.

Таким образом, задачи эффективного энергоснабжения решаются путем строительства относительно малых электростанций на средства преимущественно самого потребителя с привлечением в отдельных случаях местного регионального бюджета, льготного кредита, лизинговой системы финансирования, бартерных сделок, частного капитала и других источников.

Большая энергетика проводит ремонтно-восстановительные работы за свой счет. Но произошла ликвидация системы Оргэнергостроя, Энергомаша, Нефтегазстроя и других организаций, сократился энергостроительный и научно-технический потенциал. Обновление основных фондов электроэнергетики осуществляется крайне медленно. Отрасль имеет высокую капиталоемкость, инвестиционную инертность и высокие издержки производства.

В связи с перечисленными факторами развитие больших энергосистем менее выгодно

и более сложно, хотя приоритет естественной монополии останется на ближайшие годы. В настоящее время в топливно-энергетическом балансе существует процентное соотношение между большой и малой энергетикой, равное по электроэнергетике 90 : 10, а по теплоэнергетике 80 : 20.

Дальнейшее развитие МЭ должно осуществляться посредством строительства сети местных установок альтернативной энергетики в регионах.

Строительство электростанций с использованием новейшего отечественного и зарубежного оборудования гарантирует существенно большую надежность и эффективность действия малой энергетики по высокому к.п.д., ресурсу до капитального ремонта, возможности расчленения производственной части электростанции и др.

Ориентация на рассредоточенную малую энергетику резко сокращает объемы затрат на строительство и содержание линий электропередач и трубопроводной периферии.

Структура комплексной программы развития региональной энергетики формируется в составе взаимосвязанной системы отдельных мероприятий:

приоритетных мероприятий, проводимых на федеральном уровне в течение 2005 – 2010 гг.;

общих приоритетных мероприятий на региональном уровне на период 2005 – 2010 гг. с учетом основных природно-климатических, финансово-экономических и других особенностей каждого региона в отдельности;

программ развития энергетики России и каждого региона в отдельности с перечнем ежегодных приоритетных мероприятий;

каталога-банка данных по техническому обеспечению программы (энергооборудованию, выпускаемому отечественными заводами и поставками зарубежных фирм);

основными положениями по финансово-экономическому обеспечению программы при осуществлении строительства электро-

станций на промышленных объектах, электрифицированном транспорте, объектах сельского хозяйства;

положения по информационно-рекламной системе пропаганды развития малой энергетики в сопровождении с экспортно-аналитической деятельностью;

программы формирования сети демонстрационно-пионерных полигонов-зон с использованием газотурбинных, парогазовых и паротурбинных установок, современных дизельных станций, поршневых двигателей, ветроэнергетики, мини ГЭС и пр.

*ОАО «Газпром», например, уже приступил к существенному развитию собственной малой энергетики.*

Он может расширить масштабы строительства объектов малой энергетики с привязкой к газопроводной периферии (природный газ) для нужд развития объектов промышленной и жилищно-бытовой энергетики.

В сотрудничестве по развитию объектов малой энергетики, кроме ОАО «Газпром», могут быть привлечены также нефтегазовые кампании, имеющие нефтяной попутный газ и отходы переработки нефти и пр.

Весьма перспективно строительство электростанций на отдельных отработанных нефтяных скважинах, а также в районах расположения малодебитных незадействованных скважинах.

ОАО РАО «ЕЭС России» имеет возможность задействовать старые брошенные здания и сооружения электростанций, отработавших свой срок.

Для реализации проектов малой энергетики необходима постановка решения задач строительства электростанций «под ключ» с увязкой при этом всех участников проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, а также комплектации оборудования электростанций, формирования системы взаиморасчетов, осуществления сервисного обслуживания на стадии эксплуатации системы и пр.

## ДИЗЕЛЬНЫЕ ЭНЕРГОАГРЕГАТЫ — БАЗА МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

*Ильковский К. К., к. эк. н., генеральный директор ОАО «АК «Якутскэнерго»,  
Редько И. Я., д.т.н., директор НПЦ малой энергетики ОАО «НИИЭС»,  
Малоземов А. А., к.т.н., директор ЗАО «Федеративный межвузовский НПЦ»*

Основу малой энергетики (МЭ) в настоящее время составляют дизельные энергоустановки (ДЭУ), насчитывающие до 47 из 50 тысяч малых электростанций России с суммарной установленной мощностью  $\approx 17$  млн. кВт, выработкой электроэнергии  $\approx 50$  млрд. кВт\*ч/год и потреблением топлива  $\approx 6$  млн. тонн/год. ДЭУ с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) широко используются во многих отраслях промышленности, сельского хозяйства, для бытового энергообеспечения.

До середины XIX в. двигатели, работающие на газовой смеси, порохе и спирте, широкого применения не находили. Но уже во второй половине века с быстро развивающейся промышленностью возникла острая необходимость в новом двигателе. Первый получивший практическое применение ДВС был построен в 1860 г. французским механиком Этьеном Ленуаром на базе паровой машины и работал на светильном газе.

Новому этапу развития ДВС положили начало Николаус Отто, немецкий заводчик из Кельна, и инженер Евгений Ланген. Построенный ими газовый двигатель низкого давления за небольшой расход газа при мощности 1,5 л.с. получил золотую медаль на второй Всемирной выставке в Париже (1866). Несмотря на большие габариты (его высота составляла 3,5 м) и значительный шум, двигатель пользовался спросом со стороны мелких промышленных предприятий — типографий, деревообрабатывающих мастерских, небольших механических мастерских, применялся для насосных установок и других целей. Заводом Отто и Лангена было выпущено более пяти тысяч таких двигателей мощностью от 0,5 до 3 л.с.

На третьей Всемирной выставке в Париже (1878) среди 75 двигателей был предложен двигатель со сжатием и работой в четыре такта. Этот первый четырехтактный одноцилиндровый простого действия двигатель мощностью в 4 л.с. отличался компактностью и работал на светильном газе. С данной модели началось последующее развитие четырехтактных двигателей и возрастание мощностей.

Через два года мощность их достигла 20 л.с., а в 1893 г. — 200 л.с. в одной машине.

Однако настоятельные запросы потребителей перевести двигатель на новые виды топлива, чтобы не зависеть от газовых магистралей, привели к созданию и широкому применению газогенераторных установок, перерабатывающих твердое топливо в газообразное. Мощность двигателей быстро возросла до 1500 — 2000 л.с. и даже до 5000 л.с. в одной машине (при частоте вращения 80 — 150 оборотов в минуту).

Позднее в качестве топлива для двигателей стали применять природные газы, которые по калорийности значительно превышают искусственные (теплотворная способность природного газа составляет 8000 — 8500 ккал в 1 м<sup>3</sup>, а светильного и генераторного газа — 4200 — 5000 и 800 — 1200 ккал в 1 м<sup>3</sup> соответственно).

Стационарные двигатели на жидком топливе появились, когда газовые двигатели уже получили широкое распространение. Первые из них, работающие на керосине, были сконструированы в ряде стран в период 1884—1890 гг. Успеху этих двигателей способствовала новая система зажигания: вместо электрической искры и различных запальных трубок топливо воспламенялось с помощью особой калильной головки — калоризатора — массивного полуго запального шара, присоединяемого своим отверстием к камере сжатия цилиндра. Двигатели с калоризатором в обиходе назывались «нефтянки» и с 1892 г. широко распространялись, в частности в России.

В 1893 г. инженер Рудольф Дизель, ранее никому не известный, в своем труде изложил принципы работы запатентованного им будущего двигателя, получившего имя Дизеля.

Первый опытный двигатель Дизеля был сконструирован и построен в Германии на заводе «МАН» в 1894 г., но получился неудачным из-за использования в качестве топлива угля в пылевидном состоянии. От использования твердого топлива пришлось отказаться и перейти на керосин. Достигнуть приемлемой конструкции удалось только в 1899 г. На Всемирной выставке в Париже в 1900 г. дви-

гатель Дизеля получил высшую награду. При этом КПД двигателя Дизеля достигал 33 – 35% против 23 – 25% в двигателях на жидком топливе быстрого сгорания и на газе.

На конгрессе инженеров, проходившем в это же время в Париже, профессор Петербургского технологического института Г.Ф. Депп доложил о начале разработок в России двигателя высокого сжатия с применением в качестве топлива сырой нефти.

В дореволюционной России, с ее сравнительно некрупными предприятиями, отсутствием газовых сетей, но с развитой нефтедобычей, такой двигатель, работающий на нефти, представлял большой практический интерес. Это хорошо понял Э.Л. Нобель, сын нефтепромышленника Л. Нобеля, владевшего большим механическим заводом в Петербурге. В 1898 г. Э.Л. Нобель купил у Дизеля за 500 тыс. золотых рублей право на изготовление его двигателя в России и приступил к организации производства новой машины.

Первенцем явился одноцилиндровый двигатель высокого сжатия с самовоспламенением топлива (нефти) проектной мощностью 20 л.с., построенный на петербургском заводе Нобеля в 1899 г. Впоследствии был налажен выпуск двигателей мощностью 50 и 75 л.с. Параллельно велись работы по созданию двухтактного дизеля. До Первой Мировой войны электростанции с двигателями Нобеля были построены в Херсоне, Владимире, Астрахани, Нижнем Новгороде, Минске, Смоленске и других городах России. К 1913 г. суммарная мощность установленных двигателей высокого сжатия составляла 65500 л.с., в том числе на электростанциях — 22000, коммерческих и военных судах — 20500, на фабриках и заводах — 23000 л.с.

В 1919 – 1923 гг. отечественное производство ДВС почти остановилось, что было связано с потерей кадров, износом оборудования заводов и отсутствием материалов. В 1923 г. бывший завод Нобеля получил новое название — «Русский дизель», где возобновили выпуск дизелей мощностью 75, 100, 150 и 300 л.с. С 1925 г. Коломенский и Сормовский заводы начали производство бескомпрессорных дизелей фирмы «МАН».

В эпоху довоенных пятилеток стационарное и судовое дизелестроение развилось в мощную отрасль специального машиностроения. Были построены советские теплоходы «Казбек», «Украина», «Грузия» и др., появи-

лись первые тепловозы, получили дальнейшее развитие карбюраторные двигатели, авиационное и автомобильное моторостроение. Специалисты по ремонту и эксплуатации ДВС высоко ценились. Кадры для строительства и эксплуатации этой передовой техники готовили центральные вузы страны, средние учебные заведения и школы ФЗО.

В послевоенный период с подъемом экономики двигателестроение стало развиваться еще интенсивнее. Обновили свою техническую базу ведущие машиностроительные заводы: «Русский дизель», «Двигатель Революции», Коломенский и Сормовский машиностроительные заводы и др.; были введены в строй новые заводы различного профиля (рис. 1.)

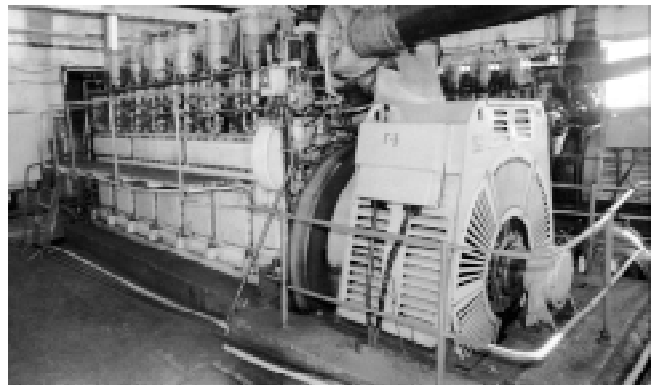


Рис. 1. ДЭС Усть-Мая. Один из четырех установленных на станции дизель-генераторов ДГ-72 (изготовитель – АООТ «Румо»)

За последние десятилетия XX в. проведен большой комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на снижение металлоемкости, повышение экономичности, надежности, долговечности ДЭС, на переход к многотопливным двигателям. В серийном производстве находится до 20 типов дизелей, насчитывающих до 350 модификаций. С развитием рыночных отношений в стране появилась зарубежная техника ведущих мировых моторостроительных заводов.

Широкое применение ДЭУ определяется рядом важных их преимуществ перед другими типами электростанций:

- высокий КПД (до 0,35 – 0,40) и малый удельный расход топлива (220 – 240 г/кВт\*ч);
- быстрота запуска (20 – 40 секунд), высокая степень автоматизации работы;
- возможность длительной работы без технического обслуживания (250 часов и более);
- высокая степень заводской готовности (0,6 – 0,9) и, соответственно, быстрота монтажа;



малые массогабаритные показатели (0,5 – 0,7 кВт/м<sup>3</sup> и 0,03 – 0,05 кВт/кг) и минимальная потребность в дополнительном строительстве;

простота и надежность вспомогательных систем, технологического процесса и эксплуатации, малая численность обслуживающего персонала.

К недостаткам ДЭУ относятся ограниченные по сравнению с электростанциями централизованных систем средняя наработка на отказ (не более 1000 – 1200 часов) и ресурс (от 8 000 до 40 000 часов до капитального ремонта у отечественных и 15 000 – 60 000 часов у лучших зарубежных), а также высокая стоимость топлива. Стоимость дизельного топлива на порядок выше стоимости угля, в 6 – 7 раз — стоимости природного газа и вдвое — стоимости топочного мазута, применяемых на ЭС централизованных систем электроснабжения.

Российской промышленностью производится весь необходимый спектр ДЭУ, однако отечественные установки заметно уступают лучшим зарубежным образцам по габаритным показателям, по экономичности, надежности и сроку службы (до полутора — двух раз).

Все большее внимание МЭ привлекают **дизельные электротепловые станции (ДЭТС)**, обеспечивающие комбинированную выработку электрической и тепловой энергии за счет утилизации тепловых потерь с выхлопными газами. На ДЭТС в выхлопной тракт дизеля включены пассивные или активные котлы-утилизаторы, использующие тепло горячих выхлопных газов в водяной системе теплоснабжения.

В тепловую схему ДЭТС могут включаться также тепловые насосы для нагрева охлаждающей дизель воды до температуры, пригодной для использования в системе теплоснабжения.

Применение ДЭТС эффективно для объектов с потребляемой мощностью до нескольких МВт и ограниченным теплотреблением при соотношении между тепловой и электрической нагрузкой  $\approx 1,0 - 4,0$ . Коэффициент использования топлива в ДЭТС достигает 0,8 – 0,85 против 0,45 – 0,65 при раздельном получении электроэнергии от ДЭС и тепла от котельной.

Большое внимание промышленному применению в мире (к сожалению, недостаточное в России) уделяется **газодизельным электростанциям (ГДЭС)** на природном газе. При действующих ценах на дизельное топливо и природный газ топливная составляющая стоимости электроэнергии для ГДЭС в 2 – 2,5 раза меньше, чем у ДЭС при большем ресурсе дизеля и

его экологичности, отвечающей международным стандартам по составу выхлопных газов.

Применение ГДЭС в зонах, имеющих систему газоснабжения, по стоимости электроэнергии и срокам окупаемости капиталовложений экономически более выгодно даже по сравнению с системами централизованного электроснабжения, использующими мощные традиционные электростанции. В зонах без систем газоснабжения возможно применение газодизельных электростанций, использующих привозной сжиженный природный газ.

За последние 10 – 15 лет в мировой практике получили широкое распространение автоматизированные передвижные электростанции малой и средней мощности (до 25 МВт), сделанные на основе газотурбинных установок (ГТУ) и двигателей внутреннего сгорания, часто с утилизацией тепловой энергии (мини-ТЭЦ). Например, в США в начале 90-х годов суммарная мощность таких электростанций, принадлежащих частным предприятиям, составляла 8% суммарной мощности электростанций всех типов и 11% суммарной мощности ТЭС на органическом топливе. Большая часть ГТУ была введена в действие в США после 1980 года, чему способствовала рентабельность передвижных электростанций, обусловленная соотношением цен на электроэнергию и природный газ.

Потребная мощность автономных ДЭС различна и составляет в США: для больниц 300 – 800 кВт, гостиниц и мотелей 100 – 1000 кВт, для универсамов 300 – 400 кВт, яслей 50 – 100 кВт, контор 200 – 800 кВт, многоквартирных домов 50 – 400 кВт, торговых центров 200 – 3000 кВт, школ и университетов 500 – 2000 кВт. Средняя годовая продолжительность их использования превышает 4000 часов, а удельная стоимость электроэнергии для электростанций мощностью 50 – 500 кВт составляет 1300 – 2000 USD/кВт. При использовании теплоутилизационных установок стоимость энергии снижается до 600...1000 USD/кВт. Удельная стоимость электростанций с ДВС на 10 – 25% выше, чем с ГТУ идентичной мощности, эксплуатационные расходы также выше (1 – 1,2 цент/кВт\*ч, против 0,4 – 0,5 цент/кВт\*ч).

Расширение парка ДЭС характерно для Японии, где в начале 90-х годов в непромышленном секторе (магазины, отели, спортивные сооружения) работало примерно 280 электростанций суммарной мощностью 180 МВт

на базе ДВС единичной мощностью 20 – 10000 кВт и ГТУ единичной мощностью 0,2 – 10 МВт. В Южной Корее на начало 90-х годов введено в действие около 190 миниэлектростанций суммарной мощностью 110 МВт на газе (почти исключительно на промышленных предприятиях). К 2000 г. общая мощность таких энергоустановок на природном газе возросла почти в 10 раз (до 1,25 ГВт).

В связи с увеличением импорта природного газа из СССР, в ФРГ в 80-х годах расширяется применение малых электростанций как в промышленности, так и в коммунальном секторе. Их доля на начало 90-х годов достигла 17%. Многие отрасли промышленности уже полностью перешли на самообеспечение электроэнергией. Причем на долю малых электростанций (до 10 МВт) в этих отраслях промышленности приходится 65 – 100%. К концу декабря 1991 г. в Германии эксплуатировалось более 1500 дизельных блок-ТЭЦ, в том числе 42,5% в электроснабжающих компаниях, 29,8% на ремесленных и промышленных предприятиях, 27,7% на общественных объектах. Мощность ДВС, используемых на электростанциях, составляет 5 – 1500 кВт. Электрический КПД ДЭС мощностью 100 – 1000 кВт составляет 29 – 35% (для сравнения, КПД электростанций с ГТУ той же мощности — 20%). Наилучшие предпосылки для экономичного использования блок-ТЭЦ в ФРГ имеют промышленные и ремесленные предприятия с двух- и трехсменным режимом работы, станции очистки сточных вод и плавательные бассейны. Потенциал рынка Германии для блок-ТЭЦ с единичной мощностью 100 кВт и более оценивается в 2000 МВт, а общий потенциал до 2010 г. в 1,5 ГВт.

Общая перспектива применения блок-ТЭЦ и миниэлектростанций в Англии, которые могут быть размещены на 4000 объектах, оценивается в 320 МВт. В Финляндии 35% всей производимой в стране электроэнергии производится децентрализованно. В Нидерландах имеется около 1000 дизельных блок-ТЭЦ (на природном газе) суммарной мощностью 120 МВт, минимальная мощность модулей составляет 20 кВт.

В 2000 г. число заказов на ДЭС в мире возросло на 23%, при этом основное увеличение пришлось на мощностной ряд от 1 до 3,5 МВт и, прежде всего, для резервного энергообеспечения. В производственных программах почти всех ведущих зарубеж-

ных фирм-производителей ДВС предусмотрен выпуск передвижных электростанций.

В передвижных ДЭС мощностью до 1 МВт в качестве двигателя наибольшее распространение в мире получили поршневые ДВС, по типу используемого топлива разделяемые на бензиновые, дизельные, газовые и газодизельные. Бензиновые ДВС уступают дизельным по КПД, по пожароопасности и стоимости топлива. Несмотря на преимущества ДВС на дизельном топливе, их использование в России и СНГ осложняется неблагоприятной экономической конъюнктурой: при примерно равной теплотворной способности природный газ в несколько раз дешевле дизтоплива и более распространен и потому более перспективен как топливо для передвижных ДЭС.

Современные ГДЭС выглядят предпочтительнее ГТУ по основным показателям: полному ресурсу (до списания) в 1,5 – 2 раза (до 100 тыс.ч. против 50 – 75 тыс.ч у ГТУ); по времени запуска (менее 1 мин для газового ДВС против 10 мин для ГТУ); по потребному давлению подачи газа (1,15 – 4 кгс/см<sup>2</sup> для ГДЭС и 16 – 20 кгс/см<sup>2</sup> для газовой турбины). Капитальные затраты для импортных газотурбинных и газопоршневых ТЭЦ мощностью ≈ 1 МВт составляют ≈ 1400 и 900 USD/кВт соответственно, для отечественных ≈ в 1,5 раза меньше.

В России с 1995 г. на предприятиях газовой промышленности действует программа развития электростанций ОАО «Газпром». За последние 2 – 3 года введено около 750 МВт электрогенераторных мощностей. Реализуются серийные поставки дизельных энергоблоков мощностью от 100 кВт, ДЭС мощностью 2 – 800 кВт переоснащаются для работы на газе, развивается серийное производство газопоршневых машин мощностью от 100 кВт. Агрегаты снабжаются котлами-утилизаторами тепла дымовых газов для комплектации миниТЭЦ.

Использование систем утилизации тепловой энергии смазочного масла, охлаждающей жидкости, наддувочного воздуха и отработавших газов позволяет повысить использование теплотворности топлива на ТЭЦ на базе выпускаемых дизелей до 80 – 85%.

Повышение технического уровня современных ДЭС выражается в росте их единичных мощностей при одновременном улучшении удельных технических показателей: мощности, расхода топлива и масла, материалоемкости, надежности (ресурсов непрерывной и

необслуживаемой работы, до первой переборки, до капитального ремонта, наработки на отказ), уровня стандартизации и унификации, уровня автоматизации, качества вырабатываемой энергии, содержания вредных примесей в отработавших газах.

Если до начала топливного кризиса (1973 г.) основные усилия разработчиков ДЭС были сосредоточены на уменьшении их массогабаритных показателей, то после него доминирующими стали требования повышения топливной экономичности, уменьшения материалоемкости и снижения токсичности отработавших газов. Последнее особенно актуально ввиду ратификации большинством стран Киотского Протокола.

Основными вредными компонентами отработавших газов дизельных двигателей являются твердые частицы (сажа), содержащие окислы азота, серы и углерода, несгоревшие углеводороды. Уровень выбросов окислов азота с отработавшими газами у дизельных двигателей примерно такой же, как у бензиновых, а концентрации несгоревших углеводородов и окиси углерода соответственно в 1,2 – 1,3 и 7 – 8 раз меньше. Уменьшение выделения сажи достигается повышением степени сгорания топлива и масла, определяемой эффективностью системы подачи топлива и воздухообеспечения, конструкцией турбо-компрессора, камеры сгорания и цилиндров, качеством топливовоздушной смеси и масла.

Введение в конце 80-х годов в разных странах ограничений по дымности отработавших газов заставило многих дизелестроителей («Дайлер-Бенц», «Лейланд», «Катерпиллер», «Камминз», «Дойц» и другие) пойти на форсирование двигателей в среднем по нагрузке на 10 – 20%, что позволило уменьшить дымность с 65 – 85 до 35 – 45%, но значительно ухудшило выходные параметры дизелей.

В связи с этим впоследствии был разработан ряд конструктивных мероприятий по снижению выбросов вредных компонентов без форсирования по нагрузке:

снижение «вредных» объемов камеры сгорания (уменьшение объемов над поршнем в районе газового стыка);

увеличение коэффициента наполнения оптимизацией газодинамических параметров выпускных систем;

оптимизация углов опережения впрыска топлива;

интенсификация впрыска топлива за счет уменьшения «вредных» объемов в нагнетательной системе топливного масла и увеличения хода или диаметра плунжерной пары;

применение обратных корректоров топливоподачи, уменьшающих дымность отработавших газов.

В 80-х годах эти весьма дорогие мероприятия в большей или меньшей степени были реализованы за рубежом, но в отечественной промышленности они были реализованы только на перспективных дизельных двигателях ЯМЗ, КамАЗ, ЗИЛ и ГАЗЭ, в основном отвечающих действующим нормам отечественных и зарубежных стандартов по уровню токсичности.

Уменьшить выбросы твердых частиц позволяет также использование сажевых фильтров (на 50 – 70% при увеличении эксплуатационного расхода топлива на 5 – 20%), применение специальных камер сгорания с повышенным давлением и оптимизация газодинамических параметров впрыскиваемого топлива (в 1,5 – 1,7 раза), использование регулируемых турбокомпрессоров с электронными системами управления параметрами наддува и охлаждение наддувочного воздуха (соответственно на 10 – 15 и 10% без ухудшения топливной экономичности). Рециркуляция отработавших газов снижает выбросы окислов азота на 50 – 60% при увеличении расхода топлива на 5 – 10%.

Внедрение систем нейтрализации позволяет уменьшить дымность отработавших газов в 1,5 – 2,9 раз, но ограничено высокой стоимостью применяемых присадок нейтрализаторов окислительного типа.

Одним из наиболее перспективных путей повышения экологичности ДВС является установка сажевых фильтров. Однако системы фильтрации отработавших газов имеют ограниченное применение ввиду значительных габаритов, повышенного газодинамического сопротивления и сложности обеспечения эффективной регенерации при эксплуатации.

С каждым годом все большее распространение получают альтернативные топлива. Наиболее чистым в экологическом отношении является водород, однако большие трудности производства, транспортировки и хранения делают проблематичным его широкое применение. Аналогичные трудности возникают при использовании спиртовых топлив. Более перспективно применение в дизельных двигателях природного газа метана, на основе кото-

рого налажено производство газовых двигателей за рубежом. В России такие работы проводятся в ОАО «Звезда», ОАО «Барнаултрансмаш», ОАО «ЧЗСА» и др.

В газовых двигателях по сравнению с дизельными выбросы твердых частиц ниже на 50 – 60%, но выше расход топлива при малых нагрузках и выбросы углеводородов и окиси углерода, уменьшение которых возможно при комбинированном регулировании процесса смесеобразования с помощью электронных СУ.

Интенсивный рост суммарной мощности ДВС и потребления углеводородных топлив, ограниченность ресурсов нефти — основного сырья для производства топлив — вызвали необходимость расширения топливных ресурсов для ДВС, рационального и экономного их использования, перехода к многотопливным двигателям, позволяющим использовать до 70% добываемого из нефти горючего (бензиновых и керосиновых фракций) против 54% у современных однопаливных дизелей и карбюраторных двигателей.

Создание многотопливных двигателей может идти по двум направлениям: проектированию специальных двигателей с наилучшими показателями, требующему большого объема научно-исследовательских и конструкторских работ, либо разработке многотопливных двигателей на базе существующих конструкций при минимальной их переделке. Последний путь имеет определенные преимущества, позволяя в относительно короткие сроки и с минимальными затратами средств приспособить существующие дизели для работы на различных топливах. Однако не все двигатели подходят для этой цели вследствие ограничений, например номенклатуры топлив по октановому числу.

Практическую ценность представляет разработка двигателей на дизельных топливах широкого фракционного состава на тракторных и авиационных керосинах и бензинах, а также на нетрадиционных топливах, обладающих близкими к нефтяному топливу физико-химическими свойствами и не требующих существенных конструктивных изменений двигателей и топливной аппаратуры: газовых конденсатах и спиртах. Газовый конденсат является попутным продуктом при добыче газа и представляет собой смесь бензиновых, лигроиновых, керосиновых и дизельных фракций.

К альтернативным относятся топлива, не являющиеся продуктами переработки нефти,

т. е. все топлива за исключением бензина и дизельного топлива: природный газ (метан), пропан, бутан, метанол, этанол, водород, диметил-эфир, модифицированный бензин; модифицированное дизельное топливо; газогенераторное топливо; газовый конденсат; керосин; бензин (для дизеля); смеси дизельного и альтернативных топлив; сырая нефть, на которую целесообразно переводить малооборотные ДВС.

Однако, в связи с увеличением затрат на топливоподготовку, повышением стоимости топливной аппаратуры, неизбежным снижением ресурса дизеля, в России и за рубежом практически отсутствует опыт конвертации дизелей для работы на нефти. Некоторый опыт работ в этом направлении имеет ОАО «Коломенский завод», ОАО «РУМО», ООО «ЧТЗ-Уралтрак» и ЗАО «ФУМНПЦ».

Из всех перечисленных альтернативных топлив наиболее перспективным является газовое. Возможны два варианта перевода дизеля на газовое топливо: газодизельный рабочий цикл и цикл с воспламенением газа от электрической свечи.

*К основным преимуществам газодизелей относятся:*

сохранение энергетических параметров на уровне базового двигателя;

уменьшение в 2 – 4 раза дымности отработавших газов;

снижение уровня шума двигателя на 2 – 4 дБ, особенно при рабочем процессе с объемным смесеобразованием;

экономия до 80% дизельного топлива за счет замещения его газом;

относительно конструктивная простота переоборудования дизеля в газодизель;

возможность переоборудования двигателей, уже находящихся в эксплуатации;

увеличение срока службы моторного масла и ресурса;

эффективное использование газодизелей в районах, где нет газозаправочных станций;

возможность быстрого перехода с одного топлива на другое и обратно.

*Основными недостатками газодизелей являются:*

усложнение системы питания двигателя из-за дополнительных элементов (газовый дозатор, смеситель, система редуцирования газа, система хранения газа и т.д.);

увеличение выбросов углеводородов и окислов азота с отработавшими газами по сравнению с дизельным циклом;

повышение трудоемкости обслуживания с газодизелем по сравнению с дизелем;

увеличение стоимости машин с газодизелем по сравнению с дизелем, в основном из-за стоимости емкостей для хранения газа.

*Основные преимущества газовых двигателей с зажиганием, созданных на базе дизелей:*

значительное снижение содержания токсичных веществ в отработавших газах по сравнению с бензиновым и дизельным двигателями;

относительная простота и небольшая стоимость топливной аппаратуры по сравнению с газодизелем;

возможность полного замещения жидкого топлива газом;

уменьшение уровня шума двигателя.

К недостаткам газовых двигателей, созданных на базе дизелей, относятся:

сложность конструктивных изменений при конвертировании дизеля в газовый двигатель (изменения головки цилиндров, поршней, применение дополнительных систем зажигания, питания и т.д.);

худшая топливная экономичность и снижение энергетических параметров и мощности двигателя по сравнению с дизелем;

однотопливность и невозможность эксплуатации при отсутствии газонаполнительных станций;

возможность переоборудования лишь на заводе-изготовителе базового двигателя;

увеличение стоимости из-за более дорогой системы хранения газа по сравнению с жидким топливом.

Все предлагаемые на российском рынке ДЭС должны соответствовать требованиям нормативных документов к параметрам надежности. На рис. 2 показана зависимость установленного ресурса высокооборотных электроагрегатов от мощности. Средняя величина ресурса не зависит от мощности и составляет около 12000 мч. Однако имеет место значительный разброс значений по разным производителям: от 5000 — 8000 мч для продукции на базе двигателей «Алтайского моторного завода» до 15000 мч («Ярославский моторный завод») и 20000 – 25000 мч («Барнаултрансмаш»). Выделяется из этой группы электроагрегат «ЧЗСА» на базе лицензионного дизеля MTU с заявленным ресурсом 65000 мч.

На рис. 3 показана зависимость установленного ресурса среднеоборотных электроагрегатов от мощности. Средняя величина ресурса слабо зависит от мощности и составля-

ет 55000 – 65000 мч, что в 5 раз превышает средний ресурс высокооборотных установок.

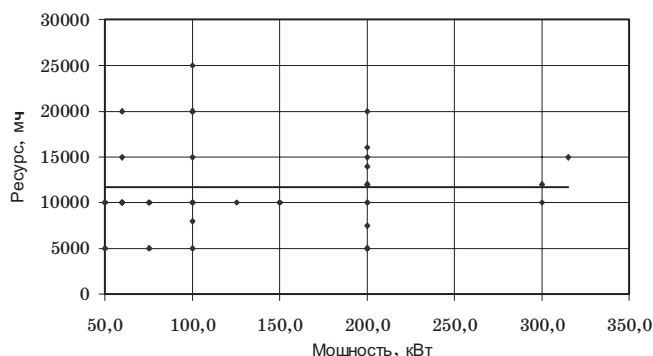


Рис. 2. Значения ресурса высокооборотных электроагрегатов (1500 мин<sup>-1</sup>)

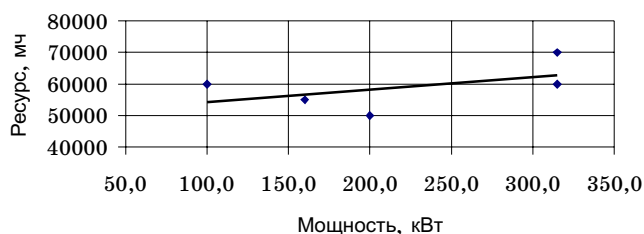


Рис. 3. Значения ресурса среднеоборотных электроагрегатов (менее 1500 мин<sup>-1</sup>)

На рис. 4 показана зависимость параметра установленной наработки на отказ высокооборотных электроагрегатов от мощности. Средняя величина мало зависит от мощности и составляет около 4000 мч. При значительном разбросе значений по разным производителям: от 1500 – 4000 мч для продукции на базе двигателей «Алтайского моторного завода» до 6000 мч («Ярославский моторный завод») и 8000 – 10000 мч («Барнаултрансмаш»). По среднеоборотным электроагрегатам средняя величина наработки составляет 35000 – 40000 мч.

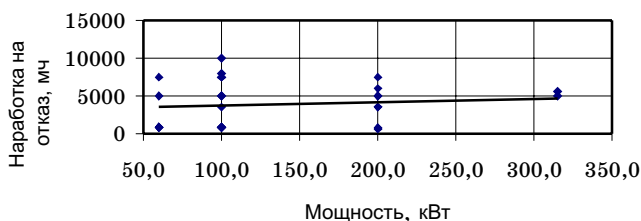


Рис. 4. Нарботка на отказ высокооборотных электроагрегатов (1500 мин<sup>-1</sup>)

Таким образом, показатели надежности дизелей в первую очередь зависят от его типа (среднеоборотный или высокооборотный) и отличаются по достигнутому уровню у различных производителей.

На рис. 5 показана зависимость удельного расхода топлива высокооборотных электроагрега-

тов от мощности. Средняя величина зависит от мощности и составляет 255 г/кВт\*ч для мощности 50 кВт и 235 г/кВт\*ч для мощности 315 кВт. Разброс значений определяется различными методами испытаний. По среднеоборотным электроагрегатам средняя величина удельного расхода топлива ниже на 5 – 10 г/кВт\*ч.

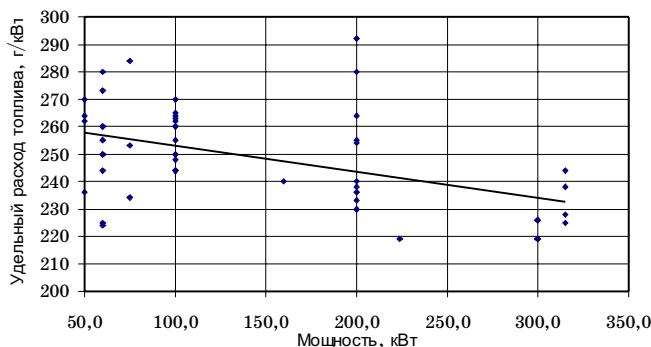


Рис. 5. Топливная экономичность электроагрегатов в зависимости от мощности

Современные ДЭС отличаются уровнем автоматизации и качеством электроэнергии.

Большинство электроагрегатов мощностью 50 – 315 кВт может оснащаться различными системами автоматизации. Производители генераторов обычно оснащают свою продукцию типовыми системами, обеспечивающими минимально возможный для данной степени автоматизации по ГОСТ 14228 уровень автоматизации. Системы управления делают электротехнические заводы Тирасполя, Курска, Новосибирска и Баранчи (Свердловская обл.). Для регулирования частоты вращения используется серийный регулятор двигателя по ГОСТ 10511. С таким регулятором не рекомендуется использовать электроагрегат для питания оборудования, предъявляющего повышенные требования к качеству тока (компьютеры, сложная бытовая техника).

В последнее время появился ряд отечественных предприятий, предлагающих системы управления с расширенными функциональными возможностями, чаще всего на зарубежной элементной базе (фирм Caterpillar, Onan, Cummins Power, Heinzmann, Siemens, ADD, OEZ). Ведущими из них являются ЗАО «Компания Аэроком», ОАО «Новая эра», НПП «Связьэнергосервис», Энергетический центр «Президент-Нева», ПО «Элтехника», ООО Газэнергомаш.

Современные электроагрегаты обычно собираются из следующих полностью унифицированных узлов и систем: первичного двигателя (с системами), генератора и СУ.

Производитель самостоятельно изготавливает раму и блок-бокс (при необходимости).

Важной характеристикой ДЭС электростанций является транспортабельность. Сравнительный анализ транспортабельности электроагрегатов обычно выполняется по параметрам условного объема (произведение габаритных размеров) и массы для электроагрегатов в бескапотном исполнении, т.к. размеры и масса контейнера или кунга могут отличаться очень существенно.

На рис. 6 показана зависимость условного объема электроагрегатов от мощности. Средняя его величина зависит от мощности и составляет 4 м<sup>3</sup> для мощности 50 кВт и 13 м<sup>3</sup> для мощности 315 кВт. Разброс значений определяется типом первичного двигателя — более низкие значения у высокооборотных агрегатов.

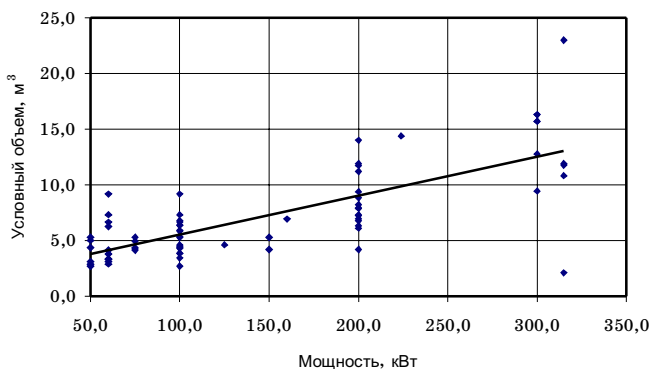


Рис. 6. Условный объем электроагрегатов (в бескапотном исполнении) в зависимости от мощности

На рис. 7 показана зависимость массы высокооборотных электроагрегатов от мощности. Средняя величина зависит от мощности и составляет 2000 кг для мощности 50 кВт и 5500 кг для мощности 315 кВт. Для среднеоборотных дизелей величина массы может колебаться от 5000 до 14000 кг.

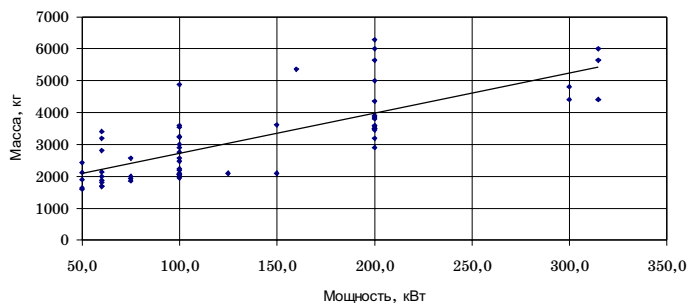
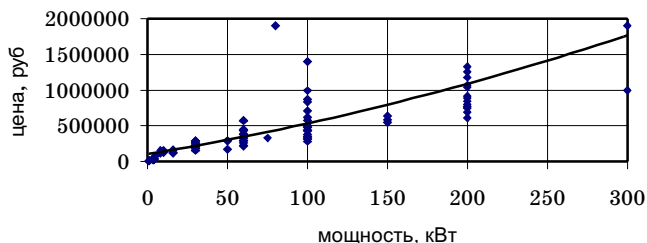


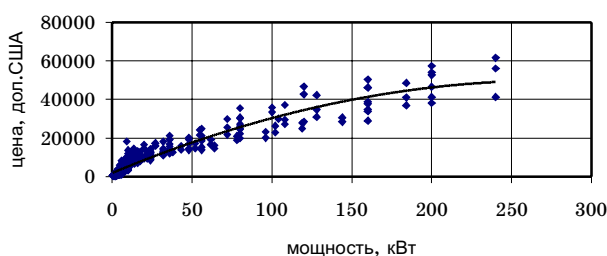
Рис. 7. Масса высокооборотных электроагрегатов (1500 мин<sup>-1</sup>) в бескапотном исполнении в зависимости от мощности

Важнейшим параметром является стоимость ДЭС, определяемая ее мощностью, степенью автоматизации и исполнением. На

рис. 8 приведена усредненная зависимость цены отечественных ДЭС от мощности, на рис. 9 — зарубежных. Для малых мощностей разница цен составляет 200%, для больших мощностей может быть равна нулю.

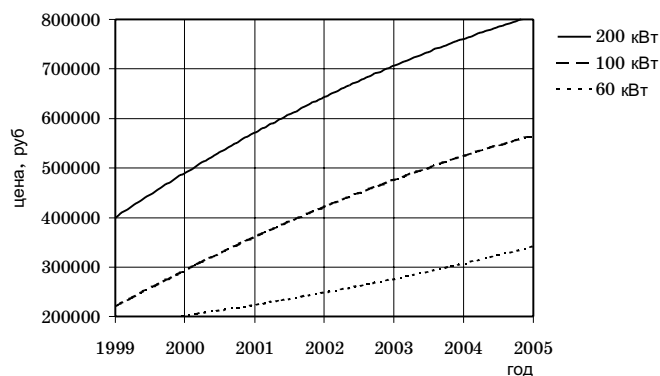


**Рис. 8.** Зависимость цены отечественных ДЭС от мощности



**Рис. 9.** Зависимость цены зарубежных ДЭС от мощности

На рис. 10 показана динамика изменения цен основных производителей ДВС электростанций. С учетом основных экономических показателей: инфляции, тарифов на тепловую и электрическую энергию и др. кривые построены с прогнозом цен до 2005 г. Ежегодное увеличение стоимости ДВС электростанций составляет 12 – 16%



**Рис. 10.** Динамика цен на ДВС электростанций и прогноз до 2005 г

*ДЭС с системами утилизации высоко- и низкотемпературного тепла*

Для использования высокопотенциального тепла ДЭС комплектуются котлами-утилизаторами в водогрейном или паровом исполне-

нии (теплоноситель: вода 70 – 110°C или 90 – 130°C; пар 160°C, 7 атм. или перегретый пар 320°C, 13 атм.; по требованию заказчика могут быть и другие параметры теплоносителя). Для использования низкотемпературного тепла ДЭС комплектуются охладителями.

Тепло отбирается из газовыхлопа, масляного холодильника и охлаждающей жидкости двигателя. Когенератор вырабатывает электроэнергию и тепловую энергию в соотношении 1:1,6 — в среднем на 100 кВт электрической мощности потребитель получает 150 – 160 кВт тепловой мощности в виде горячей воды (900 – 1290°C) для отопления и горячего водоснабжения.

Такие установки, по сути миниТЭЦ по производству тепловой и электрической энергии с минимальными потерями тепла, называются когенерационными. Основным преимуществом автономных установок для комбинированного производства электроэнергии и тепла — когенерации на базе дизельных машин — является высокий коэффициент использования топлива, более 85 – 90%.

Применение когенераторов в крупных городах позволяет эффективно дополнять рынок энергоснабжения без реконструкции старых перегруженных сетей при значительном увеличении качества электрической и тепловой энергии, а также значительно снижать потери на передачу энергии и повышать коэффициент использования энергии природного газа.

Капитальные затраты при установке когенератора компенсируются низкой себестоимостью энергии. Когенераторы окупаются в течение трех-четырех лет. Применение когенератора позволяет снизить ежегодные расходы на электро- и теплоснабжение по сравнению с энергоснабжением от энергосистем примерно на 100 USD за каждый кВт его номинальной электрической мощности в случае работы в базовом режиме генерации энергии (при 100%-ой круглогодичной нагрузке).

Наиболее крупными производителями ДЭС являются фирмы стран Азии и Океании. В 1992 г. они выпустили 692,5 тыс. таких установок, что составило 65,6 % мирового производства. Доля Японии — 26,3%, Индии — 14,6, США — 14,3, Великобритании — 9,1%. Однако в стоимости выпущенных ДЭС доля Японии составляет 10%, США — 26, Великобритании — 19, Индии — 7,4%. Наиболее авторитетны в Европе и России фирмы «Катерпиллер», «Вильсон», «МТУ», «СДМО», «Дойц».

Из производителей «дальнего» зарубежья наиболее известными являются: Caterpillar, Cummins (Onan), Hawkpover, Detroit-Diesel (MTU), Lister-Petter, Perkins, Yanmar, Volvo, MAN, Briggs, Continental, Fairbanks

Morse, FGWilson, Himonsa, Isuzu, Laminar, Deutz, Luggger, MWM, SDMO, Tedom, SeaMaxx, Hercules, Iveco Aifo, Kubota, Nissa, Waukesha, Westac, Westerbeke и др. (см. таблицу).

*Таблица*  
*Диапазон мощностей базовых агрегатов (кВт) в зависимости от видов топлива*

Производитель	Дизельное топливо	Сырая нефть	Природный газ	Попутный газ
Зарубежные				
WILSON (Великобритания)	6 – 4000	-	-	-
CATERPILLAR (США)	90 – 1800	-	70 – 5000	-
WARTSILA (Финляндия)	600 – 2500	630 – 15800	750 – 5500	2400 – 15800
DEUTZ (Германия)	6 – 7000	-	-	-
ROBIN (Франция-Япония) дизельные	2,3 – 6	-	-	-
ROBIN (Франция-Япония) бензиновые	1,5 – 6	-	-	-
Российское производство				
"открытые", на раме	100 – 6300	-	2500 – 4000	-
в стационарных контейнерах	60; 100; 200	-	-	-
в передвижных контейнерах с колесами	200 – 1000	-	200 – 1000	-
на шасси автомобилей	200 – 1000	-	200 – 1000	-

Основными предприятиями-производителями ДЭС на постсоветском пространстве являются украинские ГП «Завод им.В.А. Малышева», ОАО «Первомайскдизельмаш», ОАО «Юждизельмаш».

Основными российскими заводами-производителями ДВС электростанций в диапазоне мощностей 50 – 315 кВт являются ОАО «Автодизель», ОАО ХК «Барнаултрансмаш», ОАО «Волгоградский моторный завод», ОАО «Дагдизель», ОАО «Дальдизель», ОАО «Чебоксарский завод силовых агрегатов», ОАО «Звезда», ОАО «Коломенский завод», ОАО «Ракад», ОАО «Турбомоторный завод», ООО «ЧТЗ-Уралтрак», ОАО «Электроагрегат» («ЭТРО»), ООО «Газэнергомаш».

Кроме того необходимо отметить, что к выпуску электроагрегатов с диапазоном мощности 5 – 315 кВт приступили ОАО «Ярославский моторный завод» и ОАО «КамАЗ-Дизель». Рассматривается вопрос о возобновлении производства электроагрегатов на ОАО «Алтайский моторный завод».

Основными производителями газовых и газодизельных электроагрегатов в РФ являются: ОАО «Барнаултрансмаш», ОАО «Газэнергомаш», ОАО «Турбомоторный завод». Газодизельная модификация электроагрегата ДГУ-60/100С разработана ЗАО «ФУМНПЦ».

Основными изготовителями котлов-утилизаторов по производству тепла для комплектования дизель-генераторов в России являются: ОАО «Пензадизельмаш» — для ДВС электростанций мощностью 800-1000 кВт; АО «НИКТИД» и ТОО «Малая энергетика» (г. Владимир) — котлы-утилизаторы для ДВС электростанций мощностью 100 – 200 кВт; НПО «Энергоспецтехника» (г. Москва) и АО «Балтэнерготехника» (г. Санкт-Петербург) — для ДВС электростанций мощностью 50, 60, 100 и 200 кВт; АО «РУМО» — для ДВС электростанций мощностью 800...1000 кВт; АО «Звезда-Энергетика» — для ДВС-электростанций мощностью 500 кВт; ТОО «Реса» (г. Обнинск) — для ДВС электростанций мощностью 16, 40, 100 кВт; ОАО «Коломенский завод» — для ДВС-электростанций мощностью 315, 1000, 1500 кВт; ОАО «Челябинский тракторный завод» — для ДВС электростанций мощностью 60, 100 кВт; ОАО «Барнаултрансмаш» — для ДВС электростанций мощностью 100 – 200 кВт; ОАО «Чебоксарский завод силовых агрегатов» — для ДВС электростанций мощностью 315 и 500 кВт; ООО «Газэнергомаш» — для ДВС электростанций мощностью 16 – 315 кВт.



### ОПЫТ МНТО ИНСЭТ ПО СОЗДАНИЮ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МИКРО- И МАЛЫХ ГЭС

*Бляшко Я.И., к.т.н., АОЗТ «МНТО ИНСЭТ»*

Как известно, зоны децентрализованного энергоснабжения составляют более 70% территории России. По данным различных источников, в указанной зоне проживает до 20 млн. человек.

Как правило, электроснабжение населения в таких районах осуществляется с использованием **дизельных электростанций (ДЭС)**, работу которых делают крайне неэкономичной высокая стоимость получаемой электроэнергии и трудности с завозом топлива. Так, стоимость одного кВт\*ч электроэнергии, вырабатываемой с помощью ДЭС, например в Тыве, доходит до 10 рублей. В то же время многие из указанных регионов обладают значительным энергетическим потенциалом **возобновляемых источников энергии (ВИЭ)**, использование которых крайне актуально.

Одним из наиболее эффективных направлений развития возобновляемых источников энергии в России является использование энергии небольших водотоков с помощью микро- (с единичной мощностью энергоагрегата до 100 кВт) и малых (с единичной мощностью до 10 МВт) ГЭС (далее микроГЭС и МГЭС, соответственно). При этом необходимо отметить, что экономический потенциал малой гидроэнергетики превышает экономический потенциал таких возобновляемых источников энергии, как ветер, солнце и биомасса вместе взятых.

Этот потенциал используется крайне слабо, тогда как в недалеком прошлом (50 – 60-е годы) в стране эксплуатировалось несколько тысяч МГЭС.

Однако в результате перекосов в ценовой политике (стоимость 1 кВт\*час обходилась сельскому потребителю в 1 коп.) и недостаточного внимания, уделявшегося совершенствованию конструкций оборудования, применению более совершенных материалов и технологий и прогрессивных конструкций гидротехнических сооружений, использование энергии малых рек практически прекратилось, и в настоящее время количество МГЭС едва достигает нескольких сотен штук.

Вместе с тем постоянный рост цен на органическое топливо приводит к значительному росту цен на электроэнергию, доля которой в себестоимости производимой продукции достигает 20 % и более.

Одним из основных достоинств объектов малой энергетики является их экологическая безопасность. В процессе их сооружения и последующей эксплуатации обеспечивается сохранение окружающей природы: отсутствуют вредные воздействия результатов строительства на свойства и качество воды и, тем самым, обеспечивается возможность сохранения рыбохозяйственной значимости водоемов, а также источников водоснабжения населения.

Попытки возрождения малой гидроэнергетики предпринимались и ранее. Однако складывающаяся тогда объективная экономическая ситуация не способствовала этому.

Стремление к чрезмерной централизации при принятии решений без учета местных условий и попытки реализации проектных и конструкторских решений, апробированных в условиях успешного развития большой гидроэнергетики, в малой привели к неоправданным затратам значительных средств.

Анализ ранее использовавшейся техники и современных требований к микро- и малым ГЭС позволил выявить целый ряд свойственных ей недостатков, сдерживающих экономически эффективное развитие малой гидроэнергетики.

К основным можно отнести конструктивные недостатки турбин, такие как: низкий КПД; недостаточная кавитационная стойкость материалов, использовавшихся для изготовления лопастей рабочих колес; использование подшипниковых узлов скольжения; высокие затраты на ремонтные работы. Не менее серьезными являлись недостатки систем управления, приводившие к нестабильности частоты и напряжения при изменении нагрузки, частым отключениям потребителей, большому штату обслуживающего персонала.

Учитывая это, а также руководствуясь действующими стандартами, создающиеся в настоящее время микро- и малые ГЭС должны удовлетворять целому ряду технических требований, из которых основными являются:

соответствие вырабатываемого электрического тока требованиям ГОСТ по частоте и напряжению:

обеспечение возможности работы как в автономном режиме, так и на электросеть энергосистемы;

полная автоматизация, обеспечивающая возможность автоматической эксплуатации; обеспечение ресурса работы до капитального ремонта не менее 5 лет при полном ресурсе не менее 40 лет;

простота обслуживания и ремонтов; обеспечение допустимого уровня радиопомех; экологическая безопасность принятых конструкторских и технологических решений.

Не менее важными являются требования, предъявляемые на стадии принятия основных проектных решений. При строительстве (реконструкции) необходимо использовать типовые сооружения, сборные конструкции и местные строительные материалы.

При создании оборудования, удовлетворяющего вышеперечисленным требованиям, возможны два основных подхода, которые определяют пути развития малой гидроэнергетики.

Первый из них реализуется путем создания гаммы простых по конструкции гидроагрегатов, использующих хорошо известные подходы и решения (например, турбины типа Банки) и имеющих узкие области применения по напорам и расходам.

Второй — путем создания более совершенных, но достаточно сложных агрегатов с использованием современных методов проектирования проточного тракта и конструкторских решений.

Возможен, в принципе, и третий путь, основанный на восстановлении или повторном изготовлении ранее применявшихся гидроагрегатов. Однако даже небольшой опыт, полученный при использовании такого подхода (Латвия, Белоруссия), показал, что кажущаяся экономия на начальном этапе и простота технических решений оборачиваются внушительными затратами на эксплуатацию и низкими надежностью и эффективностью оборудования.

Поэтому целесообразным является восстановление турбин с использованием современных материалов и конструкций рабочих колес.

Восстановление гидрогенераторов и систем управления устаревших конструкций представляется нецелесообразным по вышеуказанным причинам.

Использование первого из указанных выше подходов приводит к необходимости создания значительного количества типоразмеров оборудования (из-за узких напорно-расходных диапазонов) и, следовательно, к удорожанию и увеличению сроков подготовки производства.

Попытки организации выпуска энергетического оборудования без налаженного производства приводят, в свою очередь, к низкому качеству оборудования из-за отсутствия полноценной технологической базы и несоответствию его предъявляемым требованиям.

Возможность обеспечения высокого качества оборудования при низких эксплуатационных издержках обеспечивается при выборе за основу второго из указанных выше подходов.

Благодаря новым подходам к созданию оборудования для малых ГЭС, применению современных материалов и внедрению технических решений, способствующих сохранению окружающей среды, появилась возможность использовать водотоки, ранее не рассматриваемые как перспективные для создания малых ГЭС. Например, в настоящее время уже имеется опыт использования питьевых водоводов, технологических водотоков предприятий, водосбросов ТЭЦ, а также промышленных и канализационных стоков. Использование питьевых водоводов и технологических водотоков (продуктопроводов) предприятий возможно при наличии в них гасителей давления. В этом случае вместо гасителя целесообразно установить микроГЭС, которая может обеспечить выработку электрической энергии для собственных нужд производства или в централизованную сеть за счет избытка давления в водоводе.

Опыт, имеющийся в России и за рубежом, свидетельствует как о технической возможности, так и об экономической целесообразности использования избыточного давления в трубах для выработки электрической энергии.

В случае наличия разомкнутой системы водоснабжения ТЭЦ на ее сбросах, как правило, имеется перепад, вполне пригодный для выработки электроэнергии путем строительства на нем МГЭС. Обоснованный выбор параметров такой ГЭС по напору и расходу обеспечивает сохранение штатных режимов эксплуатации ГЭС и выработку с помощью МГЭС дополнительной мощности.

Использование промышленных и канализационных стоков при правильном выборе материалов, использующихся для изготовления проточного тракта турбины и уплотнительных узлов, также может стать весьма эффективным.

На основании анализа современных требований, предъявляемых к энергетическому оборудованию, и на базе технических и эко-

номических предпосылок «ИНСЭТ» создал и освоил в производстве следующее гидроэнергетическое оборудование:

микрогидроэлектростанции мощностью до 90 кВт с пропеллерными рабочими колесами на напоры 1,5 – 10 м;

микрогидроэлектростанции с диагональным рабочим колесом на напоры 10 – 55 м мощностью до 100 кВт;

гидроагрегаты с пропеллерными рабочими колесами на напоры 3,5 – 9 м и 10 – 25 м мощностью до 500 и 1500 кВт;

гидроагрегаты с радиально-осевыми рабочими колесами на напоры свыше 25 м и мощностью до 5000 кВт;

гидроагрегаты с ковшовыми рабочими колесами на напоры до 450 м и мощностью более 5000 кВт.

Созданные гидроагрегаты успешно работают на целом ряде реконструированных и вновь построенных МГЭС (перечень микро- и малых ГЭС с оборудованием ИНСЭТ приведен в таблице).

Кроме того, фермерам, агрофирмам, представителям местных администраций по разовым договорам поставлено около 100 микроГЭС-10.

Ниже приводятся сведения о первенце малой энергетики Тывы — малой ГЭС в селе Кызыл-Хая, которая была введена в строй в ноябре 2001 года.

В середине 90-х годов Министерством энергетики Российской Федерации с участием других заинтересованных министерств и ведомств, а также региональных властей была разработана «Программа энергообеспечения районов Крайнего Севера и приравненных к ним территорий, а также мест проживания малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока за счет использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии и местных видов топлива», в соответствии с которой предусматривалось в течение 1996 – 2000 гг. ввести в действие около 400 малых ГЭС, около 200 ветроэлектростанций (ВЭС) и других источников электроэнергии на базе ВИЭ суммарной мощностью более 600 МВт.

По целому ряду причин, главной из которой явилось отсутствие финансирования, указанная программа не была реализована. Вместе с тем в ряде регионов России были приняты усилия по использованию ВИЭ и изыскивались собственные ресурсы для их развития (см. рисунок).



Кабардино-Балкария. МГЭС Акбаш.  
С горизонтальными агрегатами и пропеллерными турбинами мощностью 500 кВт

Например, в 1997 г. Правительством Республики Тыва было принято Постановление «О национальной программе энергообеспечения Республики Тыва за счет использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии на 1997 – 2000 годы». В рамках указанного Постановления была разработана «Концепция развития и схема размещения объектов малой гидроэнергетики в Республике Тыва». Эти усилия нашли поддержку и в Минэнерго РФ, где также изыскивались возможности для финансирования проектов с использованием ВИЭ.

Село Кызыл-Хая расположено в юго-западной части Республики Тыва в горной местности на высоте около 2000 метров. В настоящее время в селе насчитывается до 150 домов, в которых проживает более 700 человек. Население занято в основном сельским хозяйством и животноводством, какая-либо промышленность отсутствует.

С городом Кызылом — столицей Тывы — село Кызыл-Хая связано автодорогой. Из 650 км автодороги 320 км покрыто асфальтобетоном, 130 км — грунтовая дорога, последние 100 км — бездорожье.

Село снабжалось электроэнергией от ДЭС, где были установлены два дизель-генератора мощностью 100 кВт каждый. Дизельное топливо доставлялось автотранспортом из столицы соседнего региона Абакана через Кызыл на расстояние более 1000 км.

Малая ГЭС расположена на р. Моген-Бурен и находится на территории, характеризующейся резко континентальным суровым климатом со среднегодовой температурой воздуха  $-3^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность зимы — примерно 7 месяцев. Глубина сезонного промерзания грунтов для данного района составляет 3,2 м. При-

# Малая энергетика №1

Таблица

*Перечень малых и микроГЭС, оснащенных оборудованием АОЗТ «МНТО ИНСЭТ»*

Регион, наименование МГЭС	Характеристика гидроагрегатов			Мощность МГЭС, кВт	Примечание
	Типоразмер	Установленная мощность, кВт	Количе- ство, шт.		
1	2	3	4	5	6
<b>I. Российская Федерация</b>					
1. Кировская обл., агрофирма	МикроГЭС-10	10	2	20	1993 г.
2. Адыгея, питьевой водовод	МикроГЭС-10	10	5	50	1994 г.
3. Кабардино- Балкария, Акбаш	ГА-8	550	2	1100	1995 г.
4. Адыгея, питьевой водовод	ГА-2	200	1	200	1998 г.
5. Тыва, Уш Бельдыр	МикроГЭС-10	10	2	20	1995 г.
6. Карелия, Киви-Койву	МикроГЭС-50Д	20	3	60	1995 г.
7 Карелия, Ланденпохский р-он	МикроГЭС-10	10	1	10	1997 г.
8. Краснодарский край, Красно- дарская ТЭЦ	ГА-1	350	7	2450	2003 г.
9. Ленинградская обл., Лужский рыбзавод	МикроГЭС-50ПР МикроГЭС-10	50 10	1 1	50 10	1996 г. 1999 г.
10. Башкирия, Таналыкское во- дохранилище	МикроГЭС- 50ПР	50	1	50	1997 г.
11. Башкирия, пос. Табулды	МикроГЭС-10	10	1	10	1997 г.
12. Башкирия Узьянское водо- хранилище	МикроГЭС- 50ПР	50	3	150	1999 г.
13. Башкирия, Соколки	МикроГЭС-50ПР	50	3	150	2003 г.
14. Республика Тыва МГЭС Кы- зыл-Хая	МикроГЭС-50ПР	50	3	150	2001 г.
15. Республика Алтай МГЭС Кайру	ГА-2М	200	2	400	2002 г.
<b>II. Республика Грузия</b>					
16. Ахалкалаки, МГЭС Гореловка	МикроГЭС-50ПР	50	3	150	1996 г.
17. Кварели, Чала МГЭС	ГА-5	800	3	2400	2000 г.
<b>III. Республика Беларусь</b>					
18. Минская ТЭЦ	МикроГЭС-10 МикроГЭС-50ПР	10 50	1 1	60	1994 г.
19. Вилейская МГЭС	ГА-8	850	2	1700	2002 г.
20. Лукомльская МГЭС	Пр 15	70	4	280	2000 г.
21. Дубровская МГЭС	Пр 30	50	1	50	2001 г.
<b>IV. Латвия</b>					
22. Латгалия, МГЭС Фелицианово	ГА-1	350	2	700	1993 г.
23. Латгалия, МГЭС Виляны	ГА-1	350	2	700	1993 г.
24. Латгалия, ОП Алдона	МикроГЭС-10	10	3	30	1993 г.
<b>V. Армения</b>					
25. Айгезард	ГА-2 ГА-4	800 600	1 1	1400	2003 г.
26. Каджаран, медно- молибденовый комбинат	ГА-2	650	2	1300	1996 г.
<b>VI. Казахстан</b>					
27. Частный владелец	МикроГЭС-10	10	3	30	1996 г.
<b>VII. Узбекистан</b>					
28. МГЭС "Даргом"	ГА-8М	500	6	3000	2004 г.
<b>VII. Панама</b>					
29. Чирики, МГЭС "Букете"	МикроГЭС-10	10	1	10	1996 г.
30. Фирма "Auroga Adviser"	МикроГЭС-10	10	1	10	2002 г.

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
<b>VIII. Бразилия</b>					
31 – 50. Частные владельцы	МикроГЭС-10	10	21	210	1996 - 2002 гг.
<b>IX. Швеция</b>					
51-53. Частные владельцы	МикроГЭС-10	10	3	30	1999 – 2000 гг.
<b>X. Япония</b>					
54. Частный владелец	МикроГЭС-10	10	1	10	1996 г.
<b>XI. Гватемала</b>					
55. Частный владелец	МикроГЭС-10	10	1	10	1997 г
<b>XII. Польша</b>					
56. Фирма Damis BT	МикроГЭС-10	10	3	30	2003 г.
	МикроГЭС-50ПР	50	1	50	2004 г.
<b>XIII. Южная Корея</b>					
57. Komo Engineering, Co LTD	МикроГЭС-10	10	2	20	2000 г.
<b>XIV. Афганистан</b>					
58. МГЭС Файзабад	ГА-2М	200	2	400	2004 г.
<b>XV. Франция</b>					
59. Фирма MECAMED I	МикроГЭС-10	10	1	10	2002 г.
	МикроГЭС-50	50	1	50	2002 г.
<b>XVI. Колумбия</b>					
60. ESGEM World Wide	Пр-30	80	1	80	2003 г.

мерные сроки становления ледостава — конец ноября. В отдельные зимы середина реки не замерзает. Вскрытие реки — в конце апреля. Ширина русла реки колеблется от 10 до 30 м, скорость течения 1,5 – 5,0 м/с.

Проектом были предусмотрены следующие основные сооружения гидроузла: головной узел, безнапорная деривация и станционный узел.

Сооружения головного узла в составе переливной плотины, водоприемника с подпорными стенками и подводящим каналом предназначены для организованного забора воды из русла р. Моген-Бурен и подачи ее в безнапорный деревянный лоток для дальнейшей транспортировки к агрегатам ГЭС. При этом переливная плотина служит для обеспечения гарантированных условий подвода воды к водоприемнику ГЭС даже в маловодный период, когда расходы воды в реке снижаются до 3,6 м<sup>3</sup>/с.

При ширине реки около 20 м и глубине воды в этот период 0,5 – 0,3 м осуществить гарантированный подвод воды к водоприемнику без создания дополнительного подпора невозможно. Плотина создает дополнительный напор около 2 м, обеспечивая мощность ГЭС 150 кВт.

Водоприемник представляет собой железобетонную конструкцию длиной 16,9 м, высотой 5,5 м и служит для забора воды из реки и подачи ее в безнапорную деривацию. Водоприемник оборудован сороудерживающей решеткой, основным плоским колесным затвором и таким

же аварийно-ремонтным затвором. Основной затвор предназначен для регулирования расхода воды в лотке (безнапорной деривации) в случае подъема уровня воды в реке выше заданного, для обеспечения пропуски в лоток расчетного расхода, равного 3,3 м<sup>3</sup>/с, а также, при необходимости, для ограничения расхода в лотке при любом уровне верхнего бьефа — в случае ремонта одного или нескольких агрегатов. Сооружения станционного узла предназначены для распределения по трем турбинным водоводам воды, поступившей по деривации, подачи ее на агрегаты ГЭС, выработки электроэнергии и отвода использованной воды в русло р. Моген-Бурен. Сооружения станционного узла включают распределительную камеру, металлические напорные водоводы, здание ГЭС с пристанционной площадкой и отводящий канал.

По результатам анализа основных технических решений проекта и с учетом замечаний и предложений, высказанных местными специалистами-мелиораторами, были разработаны и реализованы мероприятия по повышению эксплуатационных свойств основных сооружений гидроузла, а именно:

выполнение головного водозаборного узла по типу горного водозабора с фильтрующей донной галерей, что позволяет свести к минимуму поступление наносов в безнапорную деривацию и повышает водообеспеченность гидроузла в маловодные периоды;

теплоизоляционная обсыпка грунтом для защиты деривационного лотка от шугообразования и замерзания;

устройство промывного шлюза, совмещенного с рыбоходом, в составе водозаборного узла.

Указанные мероприятия позволили перехватить дополнительно подрусловый поток и совместно с устройством теплоизоляции по трассе безнапорной деривации, предохраняющей ее от возможного замерзания, на 3 – 4 месяца продлить сроки сезонной эксплуатации ГЭС.

Конструкция и толщина обсыпки (более 500 мм) водоприемной части донной галереи обеспечивает защиту воды от переохлаждения и образования шуги в галерее.

Водозаборный шлюз поверхностных вод, расположенный в левой части узла, оборудован рыбозащитным устройством и системой из трех затворов, позволяющих регулировать забираемый расход и осуществлять промывку входной части сооружения от донных наносов.

Водозаборный узел полностью выполнен в деревянном исполнении (лиственница) с заполнением ряжей отсортированным валунником.

Водослив с широким порогом обеспечивает дополнительный подпор и тем самым служит для создания гарантированных условий подвода воды к водозаборному шлюзу.

Распределительная камера оборудована коробчатым затвором в месте примыкания к консольному водосбросу, при этом дно камеры выполнено с уклоном в его сторону. Это позволило поддерживать постоянный уровень воды в распределительной камере, сбрасывать излишки при резких подъемах ее уровня в реке в период дождевых паводков, а в аварийных случаях полностью опорожнять распределительную камеру.

Кроме того, маневрирование коробчатым затвором в периоды минимального потребления электроэнергии в ночное время позволяет выполнить гидравлическую промывку распределительной камеры от донных отложений и произвести сброс шуги из нее в критические периоды работы малой ГЭС в условиях отрицательных температур.

Для предотвращения попадания в турбины гидроагрегатов шуги и донных наносов предусмотрены наносозадерживающая и льдозадерживающая стенки из лиственного бруса.

В здании малой ГЭС установлены три гидроагрегата с турбинами, разработанными и

выпускаемыми серийно АОЗТ «МНТО ИН-СЭТ». Агрегаты содержат энергоблок с пропеллерной турбиной и генератором, блок балластной нагрузки, устройство автоматического управления и устройство возбуждения.

Энергоблок состоит из гидротурбины и генератора, соединенных между собой с помощью муфты и установленных вертикально в опоре. Опора энергоблока своим фланцем опирается на перекрытие камеры отсасывающих труб.

В качестве генератора используется серийный трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Генератор оснащен устройством конденсаторного возбуждения и устройством автоматического регулирования, предназначенным для поддержания напряжения генератора и частоты вращения агрегата в заданных пределах.

Потребители энергии и устройство конденсатора возбуждения подключаются к генератору с помощью автоматических выключателей, входящих в комплектную поставку агрегата.

Для работы энергоблока на локальную нагрузку предусматривается блок балластной нагрузки с трубчатыми электронагревателями, которые охлаждаются водой, поступающей из напорного водовода.

Таким образом, ГЭС работает на изолированную сеть 10 кВ как самостоятельно, так и одновременно с существующей дизельной электростанцией поселка, которую предполагается сохранить в качестве дополнительного источника электроэнергии.

Строительство ГЭС было осуществлено за счет собственных средств Тывы и средств Минэнерго РФ.

Как указывалось выше, малая ГЭС была введена в эксплуатацию в ноябре 2001 года. Опыт ее эксплуатации выявил необходимость совершенствования конструктивных решений, использованных как при проектировании и сооружении гидроузла, так и при создании оборудования. Однако уже сейчас можно констатировать, что получен первый положительный опыт строительства и эксплуатации малой ГЭС в крайне суровых природных условиях.

Этот опыт становится поистине бесценным, учитывая, что в Тыве предусматривается сооружение еще 17 малых ГЭС, на Алтае ведется проектирование трех и завершается строительство одной малой ГЭС, аналогичные работы ведутся в Бурятии и Пермской области и т.д.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РОССИИ

*Ганага С.В., к. ф.-м. н., вед. науч. сотр. МФТУ, Кудряшов Ю.И., к. ф.-м. н., ст. науч. сотр., МГУ,  
Николаев В. Г., к. ф.-м. н., директор Научно-информационного центра «Атмограф» ЦАГИ*

К возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) относятся: энергия солнца, ветра; энергия рек и водотоков, приливов и волн; тепловая энергия земли (геотермальная) и гидросферы (тепло воздуха и вод океанов, морей и водоемов), а также энергия биомассы (дрова, отходы сельскохозяйственного производства, лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, бытовые отходы).

К невозобновляемым источникам энергии относят нефть, газ, уголь, горючие сланцы, энергия сжигания которых преобразуется для получения тепла и электроэнергии в **тепловых (ТЭЦ) и электрических станциях (ЭС)**.

Суммарные извлекаемые запасы органического топлива в мире оцениваются примерно в 6300 млрд.т у.т, из которых большая часть приходится на уголь — 4850 млрд.т у.т, запасы нефти и газа оцениваются в 1140 и 310 млрд.т у.т соответственно. Даже при современном уровне мировой добычи, составляющей для угля, нефти и газа соответственно 3,1; 4,5; 2,6 млрд.т у.т (в сумме 10,3 млрд.т у.т), запасов угля хватит на 1500 лет, нефти на 250 лет и газа на 120 лет сроки весьма ограниченные, особенно учитывая устойчивую тенденцию быстрого удорожания нефти и газа.

При этом одна только энергия солнца, приходящая к Земле за год, превышает в 10 – 20 раз энергию всех извлекаемых запасов органического топлива. А экономический потенциал всех ВИЭ в настоящее время оценивается почти в 20 млрд.т у.т в год, что примерно вдвое превышает объем годовой добычи всех видов органического топлива.

Эти обстоятельства однозначно определяют стратегию развития энергетики будущего.

В настоящее время крупномасштабного развития и перехода на ВИЭ не происходит в основном в силу исторически сложившейся ориентации мировой индустрии и быта людей на получение энергии из органического топлива. Другими сдерживающими факторами внедрения ВИЭ является низкая плотность и непосредственность поступления энергии и высокая стоимость основных видов ВИЭ, хотя ситуация с последним быстро меняется в пользу ВИЭ.

К бесспорным преимуществам ВИЭ относятся их неисчерпаемость, повсеместное наличие их энергоресурсов, экологическая чистота, не изменяющая энергетический баланс Земли.

Эти достоинства обусловили бурное развитие возобновляемой энергетики за рубежом в последние годы и широкие перспективы их развития в ближайшие десятилетия, в результате чего ВИЭ станут играть большую роль в решении глобальных проблем, стоящих перед человечеством: обеспечении энергией и борьбы с загрязнением планеты.

Динамика использования ВИЭ в мире характеризуется следующими данными.

**Солнечная энергетика.** К 2000 году годовое производство фотоэлементов (ФЭС), напрямую преобразующих солнечную энергию в электрическую, и систем электроснабжения на их основе в мире достигло  $\approx 200$  МВт. Годовые темпы роста за последние 5 лет составляют  $\approx 30\%$ . Лидерство в фотоэлектричестве удерживают: США — 60 МВт, Япония — 80 МВт, Германия — 50 МВт (при этом Россия  $\approx 0,5$  МВт).

Общая площадь солнечных водонагревателей или **солнечных коллекторов (СК)** превысила в мире 21 млн.м<sup>2</sup> при среднем годовом производстве более 1,7 млн.м<sup>2</sup>. Лидируют в этом направлении: Япония — 7 млн.м<sup>2</sup>, США — 4 млн.м<sup>2</sup>, Израиль — 2,8 млн.м<sup>2</sup>, Греция — 2,0 млн.м<sup>2</sup> (Россия  $\approx 0,1$  млн.м<sup>2</sup>).

**Ветроэнергетика.** Суммарная установленная мощность **ветроэнергетических установок (ВЭУ)** в мире выросла с 6172 МВт в 1996 г. до 32 037 МВт в 2002 г. с прогнозом на 2010 г. около 206 000 МВт. Страны-лидеры на 2002 г.: Германия — 11968 МВт, Испания — 5043 МВт, США — 4674 МВт, Дания — 2880 МВт, Индия — 1702 МВт (Россия  $\approx 5$  МВт). Годовой оборот и число рабочих мест в мировой ветроэнергетике в 2002 г. составили  $\approx 6$  млрд. USD и 140 тыс. человек соответственно при прогнозе на 2010 г.  $\approx 25$  млрд. USD и  $\approx 600$  тыс. человек.

**Гидроэнергетика.** Экономический потенциал энергии рек и водотоков в мире оценивается в 8100 млрд. кВт\*ч, установленная мощность всех действующих гидроэлектростанций (ГЭС) состав-

ляет 670 ГВт, вырабатываемая электроэнергия — 2691 млрд.кВт\*ч. В РФ эти показатели составляют соответственно 600 млрд.кВт\*ч, 43 940 МВт и 157,5 млрд.кВт\*ч, т.е. потенциал малых и микроГЭС использован примерно на 0,5%. При этом число малых ГЭС с 5 тыс. в 50-х годах XX века сократилось до 300 в 90-х. В настоящее время намечается тенденция восстановления разрушенных и строительства новых малых и микроГЭС.

Мировым лидером в малой гидроэнергетике является Китай, где с 1950 г. по 1996 г. общая мощность малых ГЭС выросла с 5,9 МВт до 19200 МВт при планах на ближайшее десятилетие — строительство более 40000 малых ГЭС с ежегодным вводом до 1000 МВт.

В Индии к концу 1998 г. установленная мощность малых ГЭС (единичной мощностью до 3 МВт) составляет 173 МВт, в стадии строительства находятся ГЭС общей мощностью 188 МВт, проектируется строительства еще около 4000 станций общей мощностью 8370 МВт.

Эффективно работают малые ГЭС в ряде Европейских стран, в том числе в Австрии, Финляндии, Норвегии, Швеции и др.

**Геотермальная энергетика.** Установленная мощность геотермальных электростанций (ГеоЭС) возросла с 1970 по 2000 г. с 678 МВт до 8000 МВт. Страны-лидеры: США — 2228 МВт, Филиппины - 1909 МВт, Мексика — 755 МВт, Италия — 785 МВт, Индонезия — 589 МВт (РФ ≈ 23 МВт). Среднегодовой рост мощности ГеоЭС за последние 30 лет составил ≈ 8,6%, их суммарная установленная мощность за последние 20 лет возросла с 1950 МВт до 17175 МВт.

**Энергия биомассы.** Использование энергии биомассы осуществляется через производство биогаза и удобрений на установках и заводах различной производительности, при этом их общее количество составляет:

малых установок индивидуальных крестьянских и фермерских хозяйств по переработке сельскохозяйственных и бытовых отходов ≈ 6 млн. единиц (лидеры — Китай и Индия);

больших установок по переработке городских сточных вод (более 10000 ед.) и установок по переработке городских и промышленных сточных вод (более 100);

мощных комбинированных установок (фабрик) по переработке отходов продукции сельского хозяйства ≈ 50 (из них в Дании — 18).

Биогаз, полученный на таких установках, используется в быту, в водонагревательных и паровых котлах, а также как топливо для ДЭС.

Широкое распространение в Германии, Дании, США и др. получили электростанции, на которых сжигаются твердые бытовые отходы (ТБО) городов, а также электростанции, работающие на биогазе свалок ТБО (Италия).

В стадии опытно-промышленной эксплуатации находятся электростанции, для которых организовано выращивание «Энергетических лесов», древесина которых сжигается в котлах ЭС. Широко используются отходы лесопереработки и лесозаготовок для производства тепла и электричества (страны Скандинавии) как при прямом сжигании отходов, так и через их газификацию с последующим сжиганием полученного газа.

### **Перспективы развития и использования ВИЭ**

По оценке Американского общества инженеров-электриков, если в 1980 году доля производимой электроэнергии на ВИЭ в мире составляла 1%, то к 2005 году она достигнет 5%, к 2020 г. — 13% и к 2060 г. — 33%.

По данным Министерства энергетики США в этой стране к 2020 году объём производства электроэнергии на базе ВИЭ может составить от 11 до 22% от общего производства (включая мощные ГЭС).

В планах Европейского Союза намечается увеличение доли использования ВИЭ в энергопотреблении (т.е. производства электричества и тепла) с 6% в 1996 г. до 12% в 2010 г.

Исходная ситуация в странах ЕС различна. И если в Дании доля возобновляемых источников энергии уже в 2000 г. достигла 10%, то Нидерланды планируют увеличить долю ВИЭ с 3% в 2000 г. до 10% в 2020 г.

Большая роль принадлежит Германии, планирующей увеличить долю ВИЭ с 5,9% в 2000 г. до 12% в 2010 г. в основном за счёт энергии ветра, солнца и биомассы.

Представление о масштабах роста в мире ВИЭ на ближайшие 10 лет дают результаты, приведенные в таблице [1].

Таким образом электрическая мощность электростанций на возобновляемых источниках энергии (без крупных ГЭС) составит 380 – 390 ГВт (в 1,8 раза больше современной суммарной мощности всех ЭС России ≈ 215 ГВт).



Таблица

**Прогноз роста установленной мощности оборудования ВИЭ в мире (ГВт)**

Вид оборудования или технологии		2000 год	2010 год
Фотоэлектричество		0,938 (0,26)	9,2 (1,7)
Ветроустановки, подключённые к сети		14,0	74
Малые ГЭС		70	175
Электростанции на биомассе		18	92
Солнечные термодинамические станции		0,2	10
Геотермальные электростанции	I	7,97	20,7
	II		32,25
<b>ИТОГО</b>		111,1	380,9 – 392,5
Геотермальные тепловые станции ГВт (тепл.)	I	17,174	44,55
	II		69,50
Солнечные коллекторы и системы	ГВт (тепл.)	11	55
	млн. м <sup>2</sup>	60	300

**Примечания:** 1) В строке I в скобках указано годовое производство ФЭС. 2) I, II – сценарии развития геотермальной энергетики при ежегодном росте 10 и 15%

В числе важнейших причин, обусловивших активное развитие ВИЭ за рубежом, наиболее существенными являются следующие:

необходимость обеспечения энергетической безопасности стран, обострившаяся во время топливного кризиса 1973 года, показавшего сильную зависимость западных стран от импорта нефти. Примерно на период 1973 – 1975 гг. приходится разработка планов развития ВИЭ, которые были реализованы с превышением. В настоящее время актуальность использования ВИЭ вновь повышается в связи с устойчивым ростом цен на нефть и возможностью новых энергетических кризисов;

обострение проблем экологии и связанные с этим необходимость и стратегия на снижения выбросов парниковых газов, нашедшие концентрированное выражение в протоколах Киотского совещания и активно реализуемые за рубежом с привлечением больших государственных средств и частных инвестиций;

международная конкуренция и борьба индустриально развитых стран за выгодные и весьма перспективные высокотехнологичные сектора мирового рынка, особенно в развивающихся странах;

стратегия на сохранение запасов собственных энергоресурсов;

увеличение потребления ценного органического сырья в неэнергетических производствах.

**Перспективы развития и использования ВИЭ в России**

Имея в 70 – 80-е годы XX века большие научные и технические заделы практически

по всем видам ВИЭ, а также богатый опыт использования водных и ветровых энергетических ресурсов, Россия упустила благоприятные возможности для технологического прорыва в этой перспективной области и в настоящее время катастрофически отстает от ведущих стран по объёму внедрения ВИЭ.

При наличии экономически эффективно-го потенциала 270 млн.т у.т. (без крупных ГЭС и древесного топлива) фактически используется не более 1,5 млн.т у.т.

В России имеют место все причины, обусловившие активное развитие ВИЭ за рубежом, однако в современных условиях развитию ВИЭ в России препятствует неблагоприятное социально-экономическое положение страны.

Развитие ВИЭ в России несомненно способствовало бы решению проблемы энергетической безопасности страны, социальных проблем, снижению уровня безработицы, развитию бизнеса, повышению качества жизни населения, уровня образования, науки, технологий и культуры.

Основными направлениями использования ВИЭ с учетом их экономической и социальной значимости представляются ниже следующие.

Энергоснабжение удалённых районов, не подключённых к сетям энергосистем, прежде всего на Крайнем Севере, Дальнем Востоке и в Сибири, где проживает около 10 млн. человек и куда ежегодно завозится 6 – 8 млн.т. дизельного топлива и мазута и 20 – 25 млн.т. угля.

В связи с высокими транспортными расходами стоимость топлива в удалённых рай-

онах Республик Саха, Тыва, Алтай и на Камчатке достигает 350 USD и более за 1 т у.т. На завоз топлива тратится до половины бюджета этих регионов, а его допоставки часто приходится решать в зимний период с помощью авиации и МЧС.

Организация энергопроизводства резервных и дополнительных мощностей на базе ВИЭ в районах дефицитных энергосистем могла бы способствовать повышению надежности энергоснабжения, а также созданию конкуренции для большой энергетики.

Частые ограничения потребителей с ФОРЭМА (Федерального оптового рынка энергии и мощности), обусловленные якобы неуплатой за электроэнергию и топливо, а также ограничения «в связи с необходимостью экономии энергоресурсов» и перерывы в энергоснабжении из-за аварийных отключений дезорганизуют жизнь городов и регионов, приносят ущерб, оцениваемый в миллиарды долларов.

По оценкам среднесрочных потерь в сельском хозяйстве, а также в непрерывных производствах обрабатывающей промышленности, ущерб от перебоев и недопоставки энергоснабжения в 25 – 30 раз превышает стоимость недопоставленного количества энергии.

Создание регулируемого рынка независимых производителей энергии на базе ВИЭ в этих районах позволило бы снизить указанные потери.

Особенно актуальным представляется создание дополнительных генерирующих мощностей на конечных терминалах местных линий электропередач напряжением 6 – 15 кВ большой протяженности, к которым подключены многие потребители и которые часто аварийно отключаются. Перерывы в энергоснабжении такими ЛЭП составляют многие часы, при этом ущерб, понесенный потребителем, не компенсируется энергоснабжающими организациями.

Развитие индустрии ВИЭ в большой степени могло бы способствовать развитию собственной энергетической промышленности, увеличению в экспорте доли машин и оборудования, созданию дополнительных рабочих мест, реализации имеющегося пока в России высокого научно-технического потенциала.

Возможности поставок в Европейские и развивающиеся страны имеются уже сегодня (малые ВЭУ мощностью до 1 кВт, малые и микроГЭС, солнечные коллекторы и фотоэлементы, индивидуальные биогазовые установки и др.).

Широкомасштабное использование ВИЭ способствовало бы снижению экологической напряженности, существующей в ряде городов, в том числе в зонах отдыха, за счёт уменьшения вредных выбросов от энергетических установок.

Существенный экологический эффект может оказать применение тепловых насосов, солнечных коллекторов и приставок к котельным, ВЭУ, малым ГЭС.

Большой вклад могли бы внести ВИЭ в обеспечение энергетической безопасности некоторых регионов России, в том числе Камчатки, Чукотки, Приморья, Архангельской области и др., где ситуация с энергоснабжением является критической.

### *Препятствия на пути развития ВИЭ в РФ*

Отсутствие государственной позиции, управления и участия в решении проблемы. Неопределенность государственных целей и приоритетов, отсутствие общегосударственных и региональных программ развития энергетики. Разработки таковых усилиями отдельных ведомств (Минэнерго РФ, «РАО ЕЭС России» и др.), как правило, разрознены, не охватывают всех аспектов проблемы и, как минимум, требуют согласования и координации. Отсутствуют государственные органы управления на федеральном уровне и соответствующие научно-технические центры.

**Законодательные барьеры.** Отсутствуют законы и механизмы, регулирующие развитие и внедрение ВИЭ. Отсутствуют нормативные подзаконные акты, обеспечивающие на практике свободный доступ независимых производителей к электросетям энергосистем.

Прежде всего, необходимым представляется вернуться к рассмотрению Федерального закона «О государственной политике в сфере использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии», принятого Государственной Думой 27.10.99 и одобренного Советом Федерации 11.11.99, но отклоненного Экс-Президентом Российской Федерации Б. Н. Ельциным.

**Экономические барьеры.** Связаны с низкой платежеспособностью населения и организаций, дотационностью многих субъектов РФ, с отсутствием экономических стимулов для вложения инвестиций (налоговых льгот, льготных кредитов), отсутствием механизмов финансирования и возврата вложенных средств, недостаточным уровнем экономических знаний организаций, принимающих решения.

Научно-технические и профессиональные барьеры обусловлены отсутствием по большинству видов ВИЭ готовых систем энергоснабжения, низким уровнем унификации и стандартизации, отсутствием системы сертификации оборудования, неразвитостью инфраструктуры и ремонтно-эксплуатационной базы, отсутствием квалифицированных кадров, слабой базой научно-технических и технологических разработок, низким уровнем научно-информационного сопровождения проектов и недостаточным уровнем общих и технических знаний организаций и органов власти, принимающих решения.

Взамен утраченных существовавших в СССР научных центров и полигонов (в Геленджике, Дагестане, Крыму, Ашхабаде, Ереване, НПО «Ветроэн» и т.д.) необходимо создание центров и полигонов ВИЭ в других районах России.

Психологические барьеры и стереотипы проявляются в широком диапазоне от господствующей установки на «жить одним днем» до воинствующей уверенности в неисчерпаемости энергоресурсов России; усугубляются традиционной ориентацией на централизованные поставки, привычкой энергетиков к большим единичным мощностям.

Информационные барьеры связаны со слабой осведомленностью населения, руководителей и общественности о возможностях, достоинствах, положительных примерах эффективного использования ВИЭ и обусловлены отсутствием системы широко поставленной пропаганды в средствах массовой информации.

### **Возможности России в использовании ВИЭ**

Россия богата ресурсами ВИЭ всех видов. Экономический потенциал ВИЭ РФ составляет 270 млн. тонн условного топлива (свыше 25% от сегодняшнего внутреннего энергопотребления). Из имеющихся данных о распределении ресурсов ВИЭ по федеральным округам следует, что в каждом из них имеется по два-три вида ВИЭ, что обуславливает целесообразность и необходимость развития в России всех видов ВИЭ.

По всем видам оборудования, за исключением крупных ВЭУ (мощностью 1 МВт и выше), имеются разработки на достаточно высоком уровне.

Имеется достаточно мощная производственная база, особенно на предприятиях ВПК, которая быстро может быть развита при наличии заказов.

В части подготовки кадровых ресурсов уже несколько лет ведется подготовка инженеров-специалистов по ВИЭ (МЭИ, МВТУ им. Баумана, МГУ, СПбГТУ, ВУЗах Екатеринбурга, Новосибирска, Хабаровска). Действуют советы по присуждению кандидатских и докторских степеней. Однако подготовка специалистов не подкрепляется практическими навыками и не обеспечивает достаточно широкой специализации. Отсутствуют кадры инженеров, техников и рабочих для наладки, пуска и обслуживания установок (особенно комплексных и гибридных) и оборудования ВИЭ.

### **Экономические показатели ВЭУ**

Ключевым в широкомасштабном использовании ВИЭ является их экономика.

Удельные капитальные вложения в оборудование ряда видов ВИЭ в настоящее время выше (так, например в ФЭС — в пять и более раз), но для многих видов (солнечные коллектора, малые и микроГЭС, сетевые ветростанции) сопоставимы с оборудованием традиционной энергетики.

При этом, отечественное оборудование, как правило, дешевле импортного на 30 – 50% и более. Так, удельная стоимость 1 кВт установленной мощности в России для малых ГЭС составляет 1000 – 1200 USD, а для микроГЭС, работающих изолированно, — 600 – 700 USD, тогда как в Европе удельная стоимость равна 1500 – 1800 USD.

Ситуация в современной энергетике характеризуется наличием устойчивой тенденцией роста удельных капитальных вложений в оборудование традиционной энергетики и их уменьшения для ВИЭ.

Так, например, за рубежом, удельная стоимость ВЭУ снизились с 4000 USD/кВт в 1980 г. до 800 USD/кВт в 2002 г., а удельная стоимость фотоэлектрических модулей за этот период снизилась с 50 тыс. USD/кВт до 4 – 4,5 тыс. USD/кВт.

В то же время, за этот период удельные капитальные вложения на ТЭС повысились с 750 USD/кВт до 1000 – 1100 USD/кВт, а на атомных электростанциях с 1500 USD/кВт до 2200 USD/кВт.

Например, на строящейся электростанции Пуэртольяно (Испания), являющейся крупнейшей в мире угольной ТЭС, использующей газификацию угля и комбинированный парогазовый цикл производства электроэнергии, удельные капитальные вложения составляют 1714 USD/кВт.

Стоимость электроэнергии, вырабатываемой ВИЭ многих видов, приближается к уровню традиционной энергетики, и при сохранении устойчивой тенденции снижения стоимости 1 кВт\*ч, производимого ВИЭ, через 5–10 лет следует ожидать ее снижения до цен ЭС традиционных видов.

За рубежом уже в настоящее время цена за 1 кВт\*ч электроэнергии от ВИЭ составляет для микро и малых ГЭС 3–4 цента, ВЭУ 4–5, геотермальных станций 5–6, ЭС на отходах деревообработки 6–7 центов.

В то же время, для традиционных электростанций на угле цена за 1 кВт\*ч электроэнергии составляет 5–8 центов, на газе 5–6,5, для АЭС 4–8 центов.

В Дании, например, цена электроэнергии от ветростанций снизилась с 0,13 экю в 1980 году до 0,035 экю 1998 году, а от угольных электростанций повысилась с 0,045 экю до 0,05 экю.

Следует отметить, что в России в последние годы цена на электроэнергию постоянно растет и в централизованных энергосистемах уже составляет от 2,5 до 6 центов/кВт\*ч, а в автономных энергосистемах от 5 до 30 центов/кВт\*ч и более.

Срок окупаемости капитальных вложений в энергетике в среднем составляет 8–10 лет. Время строительства ТЭС — 6–8 лет, крупной ГЭС — 10–12 лет. Срок окупаемости различных проектов ВИЭ в России уже сегодня составляет от 3 до 15 лет. ВЭС мощностью 50 МВт за рубежом строится за 5–6 месяцев со дня подписания контракта и окупается за 8–12 лет.

Для объектов ВИЭ, запланированных в разработанной Минэнерго программе «Развитие нетрадиционной энергетики России на 2000–2005 годы», предусматривающей к 2005 году замещения органического топлива в объеме 2,2 млн.т у.т в год, расчетные сроки окупаемости составляют около 5 лет.

Расчёты, проведенные для различных сочетаний факторов, влияющих на срок оку-

паемости объектов ВИЭ, показывают, что в централизованных энергосистемах приемлемый срок окупаемости (5–10 лет) имеет место при удельных капитальных вложениях 1500 USD/кВт и менее и числе часов использования установленной мощности 2200 и более в год. Для автономных энергосистем эти величины составляют соответственно, 2000 USD/кВт и 1500 ч/год. Этим критериям в настоящее время соответствуют практически все виды оборудования ВИЭ.

Предлагаемые первоочередные мероприятия по развитию ВИЭ в России:

образование федерального и региональных органов, ответственных за развитие этой отрасли энергетики;

разработка проекта Федерального закона «О нетрадиционных возобновляемых источниках энергии» и других законодательных и нормативных актов, способствующих созданию независимых производителей энергии на базе возобновляемых энергоресурсов;

разработка, принятие и реализация государственной и региональных программ энергообеспечения регионов, в том числе северных и приравненных к ним территорий, на основе использования возобновляемых источников энергии и местных видов топлива;

организация образовательного курса по ВИЭ для руководящего состава;

анализ потребительского рынка ВИЭ;

разработка и издание Кадастров ВИЭ России (ветровые, солнечные, гидро и био ресурсы);

подготовка и издание Каталогов отечественного и зарубежного оборудования ВИЭ;

создание испытательно-демонстрационных (образовательных) центра-парков ВИЭ;

организация Центра сертификации оборудования ВИЭ;

создание системы пропаганды и рекламы ВИЭ;

подготовка и апробирование школьного образовательного курса по экологии и ВИЭ.

**ЛИТЕРАТУРА:** 1. Безруких П.П. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции «Энергетическая безопасность и малая энергетика. XXI век». Санкт-Петербург, 2002 г. 2. Бекаев Л.С., Марченко О.В., Пинегин С.П. и др. Мировая энергетика и переход к устойчивому развитию. Новосибирск, Наука, 2000. 3. Николаев В.Г., Ганага С.В., Кудряшов Ю.И. Перспективы развития ВИЭ в России. Доклады WINDPOWER 2001, Берлин, 2001. 4. Безруких П.П., Арбузов Ю.Д., Борисов Г.А. и др. Ресурсы и эффективность использования ВИЭ в России. СПб.:Наука, 2002.

## ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ МАЛЫХ ГЭС НА МАЛЫХ РЕКАХ

*Малик Л.К., к. геогр. н., ведущий научный сотрудник, Институт географии РАН*

В современных условиях перестройки экономики страны и повышенных экологических требований к гидротехническим сооружениям освоение гидроэнергетического потенциала малых рек России рассматривается в качестве перспективной отрасли энергетики. Кроме того, в условиях глобального потепления климата преимущества гидроэнергетики, в том числе ее малых форм, перед другими источниками энергии активно обсуждаются в связи с отсутствием их влияния на выбросы  $\text{CO}_2$  в атмосферу, создающие парниковый эффект [1].

В настоящей статье преимущества малых ГЭС на малых реках оцениваются с экономических, экологических и социальных позиций.

Малые реки — наиболее распространенный вид водных объектов на Земле, большинство из них — верхние звенья и истоки крупных речных систем.

Использование стока малых рек в целом ряде районов Российской Федерации является в настоящее время одним из важнейших направлений энергоснабжения в связи с трудностями доставки органического топлива и его дороговизной. Однако единой точки зрения о том, что такое «малая» река, пока нет. Имеют место различные подходы к ее определению, прежде всего использование количественных критериев для классификации рек по ряду гидрографических характеристик: площади водосбора (не более  $200 \text{ км}^2$ ), длине реки (не более  $100 \text{ км}$ ), а также расположению водосбора в одной географической зоне и т.д. Подчеркиваются особенности формирования стока малых рек (под влиянием местных факторов) и отличие его в результате этого от зональной климатической величины. Предлагается выделять малые реки по абсолютным характеристикам водности и однородности природных условий водосбора [2].

Существует определение малой реки в зависимости от минимального стока. В этом случае в качестве критерия используется наибольшая (критическая) площадь бассейна, при которой прекращается заметное изменение модуля минимального 30-дневного стока с ростом площади бассейна, т. е. при дости-

жении условий полного дренирования рекой питающих ее водоносных горизонтов. Диапазон критических площадей для рек, считающихся малыми, для зимнего и летне-осеннего сезонов составляет  $800 - 500 \text{ км}^2$ . На территориях с наличием систематически пересыхающих или перемерзающих рек к малым относят реки с площадью бассейна до  $5000 - 10000 \text{ км}^2$  [3].

В соответствии с ГОСТ 17.1.1.02-77 у малой реки площадь водосбора не превышает  $2 \text{ тыс. км}^2$ , а средний многолетний сток в период низкой межени не выше  $5 \text{ м}^3/\text{с}$ . Рассмотренные определения малых рек не учитывают возможного хозяйственного использования их водосборов. В связи с этим представляется заслуживающим внимания предложение Ю.С. Васильева и Н.И. Хрисанова [4] о применении экономических критериев, не отражающих направление экономической специализации, но предусматривающих учет хозяйственного использования водосборов. Последнее, по мнению указанных авторов, для малых рек ограничивается территорией максимум до  $23 \text{ тыс. км}^2$ , т. е. может охватывать до 10 административных районов. Таким образом, малые реки могут удовлетворять хозяйственные потребности районного и межрайонного масштабов.

Малые реки преобладают в гидрографической сети по числу и общей длине: из 3 млн. рек на территории бывшего СССР  $2,9 \text{ млн.}$  — малые реки,  $94\%$  длины речной сети России — малые водотоки. Их сток колеблется от  $25$  до  $85\%$  и составляет в среднем около  $50\%$  общего стока рек.

В водохозяйственном балансе сток малых рек невелик — около  $25\%$ , а безвозвратное потребление водных ресурсов из них — около  $22\%$ . Однако значение малых рек в жизни общества трудно переоценить в связи с их исключительной ролью в удовлетворении потребностей хозяйства в водных ресурсах и охватом ими значительных территорий — на долю малых рек (с длиной до  $100 \text{ км}$ ) приходится  $95\%$  общей протяженности гидрографической сети. Их большая ландшафтообразующая роль определяется во многом эрози-

онно-транспортирующей способностью водных потоков, зависящей от уклонов, водности реки и т. д. [5,6].

На водосборах малых рек и в их прибрежных зонах сосредоточена большая часть населения: до 44% городских жителей и 90% сельских; 127 тысяч малых рек используется для нужд населения и хозяйственного комплекса. Это определяет в значительной степени сильное антропогенное воздействие на водные ресурсы малых рек и их общее состояние. Особенно важно состояние малых рек, впадающих в водоемы питьевого водоснабжения.

Малые реки — приемники наносов и растворенных веществ, удобный тракт для удаления сточных вод, которые они транспортируют в большие реки. В связи с этим велико значение малых рек в возникновении экологических, экономических и социальных проблем в бассейнах крупных рек. В настоящее время состояние многих малых рек остается неудовлетворительным — уменьшается водоносность, ухудшается водный режим, снижается качество воды, особенно в маловодные годы и сезоны и т. д.

Для сельской местности чрезвычайно актуально загрязнение малых рек биогенными веществами, во много раз превышающими ПДК. Не менее остра проблема заиления небольших водотоков продуктами водной эрозии, зарастания водной растительностью, утраты рекреационного и рыбохозяйственного значения. Состояние многих малых рек, особенно в европейской части России, близко к катастрофическому.

Ухудшению качества воды малых рек способствует их интенсивное использование для судоходства малотоннажным флотом. Существенным источником загрязнения является гниение затонувшей древесины при обрушении подмываемых залесенных берегов и использовании малых рек для молевого сплава леса.

Исключительно велико загрязнение малых рек в районах нефтедобычи и горных разработок. Водная поверхность многих малых водотоков в нефтедобывающих районах покрыта маслянистой пленкой из-за попадания нефти в воду при ее добыче и транспортировке, из-за слива подсланевых вод от судов, отсутствия механизированных причалов при

перекачке нефти в танкеры и заправке судов, при авариях на нефтепроводах и т. д.

Таким образом, малые реки — наиболее ранним звено речной системы. В связи с этим вопросы охраны малых рек являются важнейшей составной частью проблемы охраны окружающей среды. Однако ряд принятых постановлений государственных органов ориентированы на охрану в основном крупных и средних рек.

Поэтому рассмотрение перспектив освоения гидроэнергетического потенциала малых рек требует чрезвычайно осторожного подхода и взвешенной оценки позитивных и возможных негативных последствий создания Малых ГЭС (МГЭС).

Малые реки издавна использовались для производства электроэнергии. В России развитие энергетики началось именно с освоения малых рек. Много плотин на малых реках было построено в 30-е годы XX века. Существовали МГЭС и при крупных предприятиях, обеспечивая бесперебойное электроснабжение ответственных технологических процессов.

Развитие малой гидроэнергетики дало толчок к изучению водного режима и условий формирования стока малых рек, находившихся в то время в начальной стадии. Неизвестна была и физическая сторона многих явлений, связанных со стоком малых рек. Поэтому в первые годы бурного освоения малых рек проектирование гидротехнических сооружений осуществлялось без необходимого обоснования гидрологическими данными, что приводило к их разрушению, удорожанию строительства, т. к. для расчетов принимались сечения, недостаточные или слишком большие для пропуска воды. Известны случаи разрушения гидротехнических сооружений на малых реках на Алтае, Турксибе, в Фергане, Таджикистане и т. д. Поэтому внимание гидрологов было обращено на разработку рекомендаций по расчетам стока, уровней, сроков установления ледостава, ледохода, донного льда, шуги, толщины льда, продолжительности и высоты весеннего половодья и осенних паводков на малых реках. Сложности заключались в том, что большие реки не могли быть аналогом и обобщения по ним нельзя было перенести на малые реки без соответствующих поправок. Величина же поправок подвержена большим ко-

лебаниям в зависимости от ряда местных физико-географических условий. Кроме того, малые реки имеют значительно большую вариацию стока, что требовало более длительного периода наблюдений.

В результате были созданы специальные методы расчетов различных элементов водного и других видов режима малых рек, разработаны практические рекомендации по борьбе с полынью и перемерзанием рек на перекатах, в том числе путем промораживания полыни, утепления перекатов хвоей и т.д. Это нашло отражение в работах Б.В. Полякова, Д.Л. Соколовского, В.Д. Комарова и др. В сороковых годах Ф.Н. Сафроновым были предложены первые формулы для определения длины полыни ниже плотины с учетом теплопотерь с единицы водной поверхности. Экспериментальное же изучение полыни впервые было предпринято ниже Иваньковского водохранилища, материалы исследований на котором были использованы для обоснования методики расчета перемещения кромки льда в нижнем бьефе. Большой вклад в изучение ледотермических условий внесли С.Н. Крицкий, М.Ф. Менкель, К.И. Россинский, Л.Г. Шуляковский и др.

Гидроэлектростанции на малых реках сыграли большую роль в восстановлении народного хозяйства после войны. Однако уже в середине пятидесятых годов интерес к малой энергетике угас в связи с началом крупного энергетического строительства и созданием единой энергетической системы страны, что сделало МГЭС неконкурентоспособными в экономическом отношении. Прекратилось проектирование, строительство, изготовление оборудования и запасных частей для малой гидроэнергетики, начался массовый вывод МГЭС из эксплуатации.

В 1962 г. число МГЭС сократилось до 2665. Большинство МГЭС перестали вырабатывать ток, их оборудование было разукomплектовано, хотя многие здания и сооружения еще сохранились и могут быть восстановлены, некоторые из них уже функционируют. Причем этот процесс свертывания строительства и эксплуатации уже действующих ГЭС был характерен не только для нашей страны, но и для всех высокоразвитых стран, в том числе США, Франции, Японии. В США, например, было закрыто 3000 малых ГЭС.

В конце прошлого столетия вновь повысился интерес к малым гидроэлектростанциям. Однако распад СССР, перестройка экономики в связи с переходом на рыночные отношения, отсутствие финансирования, резкое снижение объемов промышленного производства и потребностей в электроэнергии, протесты экологической общественности — эти и ряд других причин привели к свертыванию энергетического строительства, консервации многих строящихся объектов.

Но в последние годы роль малых ГЭС выросла в связи с дефицитом и увеличением стоимости органического топлива, необходимостью электрификации изолированных сельских и промышленных потребителей, большими затратами на транспортировку дизельного топлива в отдаленные районы с рассредоточенными потребителями энергии, недоступными для получения электроэнергии по линиям электропередач.

Строительство объектов малой энергетики на малых реках и ручьях имеет ряд *экономических, экологических и социальных преимуществ*.

В условиях перестройки экономики создание МГЭС экономически целесообразно со следующих позиций:

сооружение МГЭС не требует больших капиталовложений, что облегчает поиск инвесторов, и является менее трудозатратным, что чрезвычайно важно для условий Крайнего Севера;

МГЭС быстрее строятся и окупаются, хотя стоимость 1 кВт установленной мощности на них выше, чем на средних и больших гидроэлектростанциях;

благодаря разработке типовых проектов и унифицированных деталей для строительства МГЭС их стоимость может быть значительно снижена, что наряду с небольшими сроками создания и окупаемостью затрат (быстрым возвратом инвестиций) делает эти станции привлекательными для вложения капитала;

отсутствие возможностей финансирования строительства МГЭС из федерального бюджета, простота и надежность конструкций, гибкость эксплуатации, малые затраты на обслуживание — все это позволяет считать возведение МГЭС задачей регионов и местных энергосистем, вопросы финансирования решать через потребителей и инвестиции на местах;

положительным фактором строительства МГЭС является возможность поочередного возведения гидроузлов с постоянным по мере необходимости наращиванием регулирующей емкости, определяемой водопотреблением на данном этапе экономического развития региона, и с соответствующим поэтапным распределением капитальных вложений;

эксплуатация МГЭС экономит органическое топливо и не зависит от ситуации на рынке топлива, стоимость которого в России продолжает расти;

строительство большого числа водохранилищ МГЭС, помимо выработки электроэнергии, поможет обеспечить водными ресурсами различные отрасли хозяйства в разных частях бассейнов рек;

создание МГЭС имеет ряд преимуществ по сравнению с более крупными гидроэнергетическими объектами. Однако они решают разные задачи и не исключают, а дополняют друг друга. Так, малая энергетика может развиваться и параллельно крупным ГЭС, особенно там, где передача энергии в труднодоступные, например горные, районы затруднена, где возможны аварии ЛЭП из-за схода лавин и т. д. Дополнение крупномасштабной гидроэнергетики малой повышает надежность электроснабжения и позволяет более эффективно использовать гидроэнергетический потенциал рек;

энергетики считают весьма эффективным работу МГЭС и в составе объединенных энергосистем в качестве надежного маневренного источника энергии.

Однако при проектировании новых и реконструкции старых МГЭС должны учитываться не только экономические, но, в первую очередь, экологические и даже социально-этнические аспекты проблемы электроснабжения различных регионов.

Среди *экологических проблем* важнейшими при создании МГЭС являются следующие:

энергообъекты вносят существенный вклад в обострение экологической обстановки. По оценкам специалистов доля топливно-энергетического комплекса в России в загрязнении воздушного бассейна составляет 50%, из них 27% приходится на долю электроэнергетики, 11% — на долю котельных и мелких отопительных установок. Создание МГЭС взамен небольших электростанций, работающих

на органическом топливе, приводит к существенному оздоровлению воздушного бассейна;

главный положительный экологический эффект МГЭС заключается в том, что малые гидроузлы более всего отвечают основным критериям оптимальности — удовлетворять потребности человека при минимальном воздействии на окружающую среду. «Экологическая чистота» МГЭС проявляется прежде всего в гораздо меньших площадях затоплений и подтоплений по сравнению со средними и тем более крупными гидроузлами, особенно если они располагаются на равнинных реках в верхних частях их бассейнов, на беспойменных участках, чтобы избежать затоплений. В этих случаях водохранилища МГЭС могут подпитываться из больших рек по каналам и трубопроводам. Одновременно такие мероприятия обеспечивают поддержку необходимого уровня жизнедеятельности наиболее уязвимых при хозяйственном использовании малых рек, а также возврат вод в основные реки. Наиболее же эффективно создание малых гидростанций на горных реках с устойчивыми к размыву и подтоплению валунно-галечниковыми руслами и каменистыми склонами долин;

экологический эффект МГЭС особенно ярко проявляется в том случае, если водохранилища ГЭС будут расположены в пределах русла и их НПУ не будут превышать отметок бровки русла. В этом случае влияние плотин МГЭС на водный и другие виды режима малых рек будет наименьшим. Известно также, что осуществляются проекты бесплотинного функционирования МГЭС, пристраивания их к существующим гидростанциям, каналам и технологическим водосбросам;

будучи мелководными и небольшими по объему, водохранилища МГЭС не препятствуют процессам водообмена в речных системах и, напротив, способствуют перемешиванию водных масс и их аэрации;

подготовка ложа к затоплению малых искусственных водоемов не сложна по сравнению со средними и крупными водохранилищами. Серия МГЭС может создавать условия как многолетнего регулирования стока, так и для снижения пиков половодий или паводков;

плотины и водохранилища МГЭС в значительно меньшей степени, чем другие виды



энергообъектов, нарушают нормальную естественную среду обитания человека и животного мира. И для рыбного хозяйства плотины малых ГЭС менее опасны, чем средних и крупных ГЭС, перекрывающих миграционные пути проходных и полупроходных рыб и затопляющих нерестилища. Однако строительство плотин на реках III, IV и т. д. порядков не устраняет урон рыбному хозяйству на основных реках, т. к. речной бассейн — единая экологическая система и нарушение ее отдельных звеньев отражается на системе в целом;

есть еще ряд положительных экологических аспектов создания малых искусственных водоемов. Так, расположение водохранилищ МГЭС в приводораздельной части бассейнов рек способствует переводу поверхностного стока в подземный и росту почвенной влаги, что отмечал еще В. В. Докучаев и подтверждается наблюдениями в европейской части России в настоящее время [14];

водохранилища МГЭС благодаря малым объемам не могут спровоцировать землетрясения (наведенная сейсмичность) и более безопасны, если окажутся в эпицентре сейсмических катаклизмов;

преимущество использования водных ресурсов с помощью водохранилищ МГЭС особенно проявляется в маловодные сезоны, что в конечном итоге отражается в благоприятную сторону и на режиме главных рек. Наибольшего же эффекта от внутригодового перераспределения стока малыми водоемами при их массовом строительстве можно ожидать в засушливых районах, где влияние регулирования стока проявляется наиболее отчетливо.

Важен положительный *социальный* эффект создания МГЭС. Они не требуют переселения жителей, что приводило при заполнении крупных водохранилищ к существенным социальным сдвигам и потрясениям. Наиболее эффективны МГЭС на территориях с рассредоточенными потребителями энергии, удаленными от энергосистем, к которым относятся районы Крайнего Севера и многие регионы Сибири и Дальнего Востока, населенные представителями малочисленных народов России.

Опыт свидетельствует о том, что строительство средних и крупных водохранилищ неблагоприятно сказалось на большинстве пред-

ставителей животного мира, попадающих в зоны затоплений и влияния водоемов. Между тем, земли в долинах рек Сибири и Дальнего Востока (районах перспективного гидроэнергетического строительства) известны как богатые охотничьи угодья, которым гидротехническое строительство наносит определенный ущерб. В то же время охотничий промысел у северных народов — неотъемлемая часть культуры и условий существования. Создание МГЭС не нарушает охотничьих угодий и не вносит изменений в образ жизни коренных малочисленных народов. В настоящее время разрабатывается концепция развития уклада жизни малочисленных народов в современных условиях, включая возрождение и подъем национальной экономики, базирующейся на традиционных отраслях хозяйства, возрождение культуры, языка, обустройство старых и создание новых поселений в местах их проживания. В этих условиях неизбежно встает вопрос о снабжении таких поселков и возрождаемых факторий электроэнергией, и здесь наиболее эффективна и безопасна в экологическом отношении малая гидроэнергетика наряду с использованием нетрадиционных источников энергии (ветра, термальных вод и т.д.).

В сложных по природно-климатическим условиям районах с потребителями энергии для сельскохозяйственных и бытовых целей, для горных предприятий и снабжения рабочих поселков чрезвычайно остро стоит вопрос о необходимости повышения уровня жизни и безопасности населения за счет электрификации. Именно для этих районов в первую очередь направлен поиск путей развития малой гидроэнергетики и нетрадиционных источников энергии. Кроме того, во всех регионах России водохранилища МГЭС могут использоваться в целях рекреации, рыбозаведения и т. д.

Рассмотренные преимущества МГЭС, в том числе небольшие сроки сооружения, сравнительная безопасность для природных систем, дешевизна и техническая доступность, согласуются с целями ЮНЕСКО в области гидрологии, охраны окружающей среды, разработки новых методов эксплуатации энергетических ресурсов и т.д.

Крайне важно также рассмотреть преимущества создания МГЭС с точки зрения их

*безопасности.* Очевидно, что непосредственный ущерб от повреждения или полного разрушения плотин МГЭС по сравнению с крупными станциями будет несравнимо меньшим. Однако в случае, если малая гидростанция является единственным источником энергии, снабжающим населенный пункт или хозяйственные объекты светом и теплом, повреждение МГЭС может иметь далеко идущие последствия, особенно для районов, удаленных от других источников электроснабжения.

Наиболее распространенным видом аварий на плотинах ГЭС, особенно малых, является перелив воды через гребень плотины и может быть вызван прохождением паводков с расходами воды выше расчетных, т. е. ошибками проектантов, отказом гидромеханического оборудования, недостатками в работе технического персонала и др.

В истории плотиностроения есть немало примеров разрушения плотин под влиянием паводков крайне редкой, неучтенной в проекте обеспеченности. На плотинах малых ГЭС разрушения были связаны с плохой освещенностью их данными гидрологических наблюдений и неверным из-за этого установлением максимальных расходов. В последние годы произошли катастрофы на небольших гидроузлах водохозяйственного назначения на Урале, в Калмыкии, в Волгоградской области и т.д.

Нередко переливы через гребень плотин были связаны с неисправностью механического оборудования, невозможностью открыть затворы водосбросов в связи с нарушениями в электроснабжении. Подобные аварии наблюдались в Испании в 1982 г. на плотине на р. Тоус, в Румынии в 1931 г. на плотине на р. Бельцы и т. д.

Разрушение плотин и формирование волн прорыва могут быть связаны и с «человеческим фактором» — неисправностью затворов водосборных сооружений, неверными действиями обслуживающего персонала, отсутствием мониторинга и периодической проверки эксплуатационной надежности сбросных сооружений. В 1994 г. переполнение Тирлянского водохранилища на р. Белой из-за интенсивных дождей и слишком позднего открытия затворов водосброса и их заклинивания (подъем затворов начали производить когда уровни воды оказались выше их греб-

ня) привело к разрушению грунтовой плотины высотой 9,85 м, затоплению ряда населенных пунктов и гибели 22 человек [7].

Недостатки в работе гидромеханического оборудования и неготовность к работе водосброса вызвали разрушение ограждающей дамбы водохранилища Сургутской ГРЭС, т.к. в паводок не удалось полностью открыть затворы.

Разрушение плотин малых ГЭС в Ленинградской области — Белогорской на р. Оредж и Будогощской на р. Пчезжа — из-за перелива воды через их гребень также связывают с некомпетентностью и халатностью обслуживающего персонала.

Гидротехники предпринимают усилия для предотвращения аварий, связанных с водосбросными сооружениями в период прохождения экстремальных расходов.

Для малых ГЭС рекомендуется сооружать надежные по гидравлическим условиям конструкции переливных грунтовых плотин со ступенчатым откосом (низовой гранью), обращенным к нижнему бьефу. Подобные плотины со ступенчатыми гранями уже давно используются в гидротехнике для гашения энергии водных потоков и сокращения размеров водобойных устройств. Выполняются они из камня, каменной или бетонной облицовки [8]. В случае сооружения МГЭС такие плотины не оборудуются специальными затворами, но отметка гребня переливного участка плотины должна располагаться на отметке НПУ, а ширина водосбросного участка не должна превышать ширины реки в межень в нижнем бьефе [9].

Более универсальными (для плотин различных размеров) являются автоматические водосбросные системы, разработанные исследовательским центром фирмы «Гидроплюс».

Конструкция системы состоит из серии специальных бетонных или металлических сооружений (блоков), устанавливаемых на гребне плотины, каждое из которых опрокидывается при достижении уровня водохранилища определенной отметки, увеличивая пропускную способность водосливного фронта. Эта водопропускная система работает как водослив без затворов при среднем стоке и как автоматическое водосливное сооружение с опрокидывающимися затворами при экстремальном паводке.

Возможность применения затворов «Гидроплюс» изучалась в ОАО «НИИЭС» конкретно применительно к двум гидроузлам — Хоробровской МГЭС на р. Нерль и Чагоянской ГЭС в составе Нижне-Зейского каскада. Результаты исследований показали, что регулирование расходов при наличии затворов «Гидроплюс» проще и надежнее и дает выигрыш в выработке энергии за счет дополнительного напора при переливе. Таким образом, исследования ОАО «НИИЭС» показали перспективность применения рассмотренного технического решения водосброса для низконапорных малых ГЭС и ГЭС более крупного масштаба.

Рассмотрим факторы, тормозящие гидроэнергетическое освоение малых рек. Среди них отметим прежде всего слабую изученность режима малых рек и влияния МГЭС на природную среду, неразработанность методики и поэтому затрудненность прогнозирования многих сторон их воздействия. Отсутствие материалов по режиму малых рек затрудняет разработку конкретных проектов и оценку степени обеспеченности водными ресурсами отдельных регионов. Положение дел осложняется отсутствием современных методов оценки стока малых рек, т. к. использование действующих СНиП и рекомендаций нередко приводит к грубым просчетам. Поэтому необходимо приветствовать разработку в последние годы для конкретных территорий региональных расчетных методов. Ценный материал для изучения режима малых рек дают многолетние наблюдения на воднобалансовых станциях и парных бассейнах Госкомгидромета, но сеть этих станций недостаточна.

У водохранилищ МГЭС, особенно горных и предгорных районов, очень остро стоит проблема их заиления и связанная с ней проблема подъема уровней воды, затоплений и подтоплений, частичной или полной потери их регулирующей способности, снижения гидроэнергетического потенциала рек и выработки электроэнергии. Возможно также нарушение их баланса вследствие задержки наносов в водохранилищах в нижних бьефах плотин, что может неблагоприятно повлиять на руслоформирующие процессы. Если же река впадает в море или озеро, горные МГЭС перекрывают своими плотинами источники

пляжеобразующих наносов их побережий (такие явления наблюдаются на Кавказе).

Прогнозирование последствий создания плотин малых ГЭС нередко значительно сложнее, чем крупных, т.к. они обычно менее изучены, хуже разработана методика прогноза изменения различных компонентов природной среды. К малым равнинным водохранилищам, например, не всегда применима методика расчета переработки берегов крупных водоемов, т.к. у первых преобладают процессы заносимости, взвеси специфически распределяются по длине водоема, а при волнении волны имеют значительно большую крутизну по сравнению с крупными [10]. На малых водоемах весьма ярко выражена общая тенденция к затуханию переформирования берегов на фоне отдельных «вспышек», связанных с циклическими колебаниями климата и водности рек, а также с изменениями режима эксплуатации гидроузлов. На крупных же гидроузлах оказалось возможным выявить только отдельные периоды значительного уменьшения переработки берегов, сменяющиеся вновь их интенсивным проявлением.

Недостаточно изучено влияние на МГЭС фактора сейсмичности. Во всяком случае представления о сейсмичности многих регионов, перспективных с точки зрения сооружения МГЭС, сильно изменены последними землетрясениями (на Алтае, Кавказе, в Якутии и т. д.). Сейсмическая опасность повреждения гидротехнических сооружений снижает экологические преимущества создания МГЭС в горных районах.

В настоящее время еще не разработана методика определения эффективности малых ГЭС, и пользуются той, что предназначена для установления эффективности крупных энергетических объектов. Поэтому нередко получается искаженная картина, не отражающая в полной мере положение дел с функционированием малых ГЭС. Между тем, установление преимуществ малой энергетики чрезвычайно важно для экологически и экономически обоснованных масштабов ее развития.

МГЭС не всегда обеспечивают гарантированную выработку энергии, являясь сезонными электростанциями. Зимой их энергоотдача резко падает: снежный покров и ледовые явления (лед и шуга), также как и

летнее маловодье и пересыхание рек могут вообще приостановить их работу. Сезонность МГЭС требует дублирующих источников энергии, большое их количество может привести к потере надежности электроснабжения. Поэтому во многих районах мощность МГЭС рассматривается не в качестве вытесняющей, а лишь дублирующей. В связи с этим отмечается, что малые ГЭС имеют преимущественно локальное значение.

Для установления *экологически и экономически обоснованных масштабов развития малой энергетики* необходимо осуществить ряд мероприятий. Прежде всего повысить изученность малых рек, уточнить их гидроэнергетический потенциал и потребителей энергии.

Необходимо продолжить обследование действующих и выведенных из эксплуатации МГЭС, в том числе ведомственных, решая вопрос о целесообразности их восстановления и модернизации, увеличения их мощности и лучшего использования, т.е. возвращение МГЭС целесообразно лишь на новом техническом уровне с новыми требованиями к оборудованию, срокам сооружения и их стоимости. В связи с этим, массовое строительство МГЭС возможно лишь при отказе от индивидуального проектирования, серийном выпуске простого и надежного оборудования и автоматизации управления станциями (без обслуживающего персонала). Исследования показали, что осуществление комплекса мер по унификации МГЭС, в том числе применение однотипного, многократно повторяемого в производстве гидросилового оборудования, работающего в автоматическом режиме, может привести к снижению стоимости строительства МГЭС на 1500 долл. США на 1 кВт вводимой мощности, даже в отдаленных районах страны (по расчетам [11]).

Для решения проблем малой энергетики машиностроительные заводы должны создать принципиально новое оборудование, а строительные организации — унифицированные детали для строительства зданий МГЭС. В АО «Союзгидропоставка» разработаны проекты унифицированных гидроагрегатов для МГЭС с турбинами, работающими в диапазоне напоров до 75 м. Очевидно, созданию оборудования для МГЭС могут помочь некоторые отрасли военно-промышленного комплекса.

Наибольшие трудности при создании МГЭС встречаются на этапе изысканий. Стоимость

исследования малых рек для МГЭС, отнесенная к единице расхода воды и киловатту использованной энергии, значительно выше, чем для большой реки. Однако, как свидетельствует опыт, применяя новые формы организации и проведения изыскательских работ — мобильные хозяйственно-самостоятельные комплексные партии, снабженные легким серийным оборудованием для горных буровых работ, — можно значительно удешевить изыскания.

Для МГЭС должен быть соблюден ряд технологических условий, обеспечивающий их *безопасное функционирование*. Особое значение при небольших объемах водохранилищ имеет экономия воды, в связи с чем должна быть обеспечена максимальная водонепроницаемость сооружений, их фильтрационная прочность, особенно в районе гребня плотины и в низовой грани сбросного потока, в том числе должна быть исключена опасность размыва на контакте плотины с основанием; участки грунтовых плотин, где расположены водосбросы, должны быть постоянно в центре внимания обслуживающего персонала, но и независимо от персонала эти участки должны быть всегда готовы к пропуску экстремального расхода [9].

Необходимо принять во внимание, что восстановление МГЭС — это не только восстановление электростанций, но и реконструкция водохранилищ с учетом индивидуальных особенностей каждого водоема; это благоустройство их берегов, посадки леса и кустарника, создание водоохраных зон; это улучшение природных условий, особенно в районах крупных населенных пунктов, заповедных территорий, объектов рекреации и т.д.

Строительство МГЭС требует организации системы мониторинга и разработки надежных методов прогнозов последствий их создания, т.к. экологические аспекты массового создания МГЭС пока до конца не ясны; необходимо районирование территории России по степени возможного экологического ущерба от массового строительства МГЭС и разработка оптимальных схем размещения малых электростанций с учетом экологических, экономических и социальных факторов.

Изучение целым рядом исследователей культурно-экологической истории использования малых рек показывает тесную связь состояния малых рек с окружающим ландшафтом. Поэтому проблемы гидроэнергетического освое-

ния малых рек не могут быть решены лишь как русловые задачи в пределах долин рек. В связи с этим при создании ГЭС на малых реках требуется знание не только морфологических особенностей реки, ее водного и других видов режима, но и ландшафтных особенностей территории, т.к. при массовом строительстве МГЭС возможны подъем уровней грунтовых вод и различные последствия, характерные для определенных видов ландшафтов.

При планировании размещения МГЭС целесообразно воспользоваться картами ландшафтно-экологического районирования, которые создаются для многих регионов. Эти карты позволяют выявить территории со «слабыми», малоустойчивыми ландшафтами, требующими особой осторожности при осуществлении в их пределах хозяйственной деятельности, и, соответственно, территории, ландшафты которых способны выдержать значительно большую антропогенную нагрузку.

Нельзя забывать, что малые реки сами являются одним из элементов ландшафта и изменение их режима может оказать влияние на стабильность экосистем. Поэтому создаваемые водохранилища МГЭС должны способствовать сохранению жизнедеятельности малых рек. С этой целью предельный объем их регулирования не должен превышать 20 – 30% объема среднего годового стока реки в ее устье. Должны соблюдаться также определенные критерии скорости течения и водности реки ниже плотин. Целесообразно в ряде случаев строительство каскада плотин, обязательны расчистка русел малых рек и многие другие мероприятия, помогающие контролировать их глубину, режим поемности, степень зарастания и отложения наносов.

Развитие энергетики, в первую очередь на малых реках, существенно тормозится из-за возможных потерь рыбного хозяйства. Далеко не на всех малых реках могут быть построены бесплотинные ГЭС, не препятствующие ходу рыбы на нерест. Существующие же в России и за рубежом типовые рыбопропускные сооружения (шлюзы, рыбоподъемники и т.д.) в большинстве случаев не выполняют своих функций и имеют очень небольшую рыбопропускную способность. Это связано с отсутствием знаний экологического характера и неудачным расположением рыбоходов в системе гидрозлов, что отпугивает, а не привлекает рыб.

Потери рыбного хозяйства могут быть значительно сокращены устройством специальных природоимитирующих рыбоходов [13]. Эти рыбоходы являются наиболее эффективно действующими рыбопропускными сооружениями, в которых условия максимально приближены к естественным — дно выложено естественными материалами, скорости течения приближены к речным, сам рыбоход повторяет изгибы реки и его вход определяется на основе поведения рыб в водном потоке. Т.е. рыбоход максимально приближен к особенностям естественного речного русла и близок по своим характеристикам к малой реке или ручью. Такие рыбоходы не могут быть типовыми, создаваемыми для «усредненного» типа рыб, а предназначены для конкретных представителей рыбного стада, обитающих в данной реке.

Попытки имитации речного русла при сооружении рыбоходов в России известны давно, но не получили широкого распространения. Между тем, природоимитирующий рыбоход был построен еще в 1936 г. на Туломской ГЭС и до сих пор успешно пропускает семгу, идущую на нерест. Этот опыт не имел последователей, но может быть использован, в том числе для более широкого использования гидропотенциала малых рек, особенно нерестовых (например, на Камчатке).

Однако по целому ряду вопросов, связанных с природоимитирующими рыбоходами, должны быть проведены специальные исследования, в частности о необходимости специальной подсветки, насыщения водного потока в рыбопропускном отверстии кислородом и т.д.

Большие работы по освоению гидропотенциала малых рек ведутся в республике Якутия-Саха, где очень много децентрализованных потребителей энергии, которую вырабатывают 1100 мелких дизельных станций. Эти станции потребляют ежегодно 500 тыс. т органического топлива. Альтернативой им могли быть стать гидроэнергоресурсы малых рек при условии изучения их режима и количественного учета.

В настоящее время составлен энергетический кадастр малых рек, расположенных в бассейнах рек Анабар, Оленек, Яна, Индигирка, Колыма, Алдан, Олекма общей площадью более 2,5 млн. км<sup>2</sup> [14].

Трудности использования энергии малых рек на севере республики связаны с очень малыми расходами воды — от 0,92 м<sup>3</sup>/сек до

11,5 м<sup>3</sup>/сек — и сезонностью работы МГЭС в суровых климатических условиях — 3–4 месяца в году, остальное время реки замерзают. На юге условия эксплуатации МГЭС более благоприятны, но многие малые реки имеют рыбопромысловое значение и здесь необходимо создание свободно-проточных МГЭС, работающих до 5–6 месяцев в году [14].

Одной из многих экологических проблем Байкальского региона является загрязнение природной среды работой многих небольших дизельных электростанций. Альтернативой им может стать использование гидроэнергетического потенциала малых рек. Об этом свидетельствует анализ гидрологических характеристик 11 рек в 4-х районах Бурятии, выполненный в Восточно-Сибирском филиале ВНИИ электрификации сельского хозяйства. Исследования показали, что реки этого региона имеют большое количество участков со скоростью водного потока и глубиной русла, позволяющих построить и эффективно эксплуатировать малые бесплотинные ГЭС.

Однако гидротехническое строительство на Севере в районах распространения многолетнемерзлых пород требует особых подходов и специальных разработок. Необходимо напомнить, что природные ландшафты Севера чрезвычайно уязвимы при различных видах хозяйственной деятельности. Создание даже небольших гидроузлов может изменить условия теплообмена, температурный режим и физико-технические свойства мерзлых пород и привести к развитию термокарста, термоэрозии, изменению наледообразования и т.д. Это заставляет наиболее тщательно изучать последствия уже созданных в этих районах гидроузлов и разрабатывать рекомендации по максимальному ослаблению отрицательных последствий гидростроительства.

В горных и предгорных районах в настоящее время чрезвычайно актуально создание подземных МГЭС, более всего отвечающих условиям безопасности при стихийных или антропогенных (возможно преднамеренных) воздействиях.

Малая энергетика занимает ведущее место по объемам освоения среди возобновляемых источников энергии. Начало интенсификации освоения малых рек было предусмотрено Федеральной целевой программой «Топливо и

энергия» в 1997 году, но незначительное бюджетное финансирование не обеспечило полное выполнение намеченных к строительству МГЭС. Однако начато строительство малых гидроэлектростанций мощностью 660 кВт в республике Тыва, а также на Алтае. Завершено строительство МГЭС с тремя гидроагрегатами на р. Мочен-Бурей в Тыве и на р. Каиру (Алтай).

В Башкирии построена Мечелинская МГЭС общей мощностью 445 кВт, Слакская МГЭС мощностью 112 кВт, микроГЭС на реках Авзян и Гута мощностью по 75 кВт. Кроме того, в этой республике планируется строительство каскада микро и малых ГЭС на р. Белой мощностью от 50 до 600 кВт и Юмагузинской ГЭС мощностью 45 МВт [15].

В Камчатской области, имеющей самый низкий в России показатель электроэнергии на душу населения — менее 4000 кВт.ч/чел. — энергетика базируется на привозном очень дорогом органическом топливе (Петропавловск-Камчатская ТЭЦ и сотни дизельных электростанций). Трудности и нерегулярность его доставки создают постоянный дефицит в электроснабжении и тепле, что побудило гидротехников рассмотреть возможности освоения гидроэнергетического потенциала рек, в том числе малых водотоков, путем сооружения на них бесплотинных МГЭС, т.к. малые реки Камчатки являются нерестовыми. Учитывая разбросанность населенных пунктов Камчатки, сложность доставки к ним органического топлива, малая энергетика способна значительно повысить надежность энергоснабжения отдельных регионов. При этом возможно сооружение МГЭС без плотин. Так, в течение практически одного года (1995) была построена и введена в эксплуатацию в 1997 г. Быстринская МГЭС на р. Быстрой, где водозабор в агрегаты ГЭС осуществлялся без плотины и даже без стеснения русла. Благодаря такому техническому решению не нарушается водный режим реки, нет препятствий для хода рыбы на нерест, зимний сток в реке позволяет станции вырабатывать электроэнергию круглогодично.

Начато строительство каскада из трех МГЭС на р. Толмачева с суммарной мощностью 45 МВт. При этом озеро Толмачева площадью 12 км<sup>2</sup>, из которого вытекает река, используется в качестве водохранилища многолетнего регулирования стока. Однако уровень воды в

озере поднимается плотиной 1-й ГЭС на 12 м (что находится в пределах исторически наблюдавшихся уровней) и затопит более 2000 га прибрежных территорий.

В сентябре 1999 г. первоочередной гидроузел (ГЭС-1) небольшой мощности (2 МВт) был введен в эксплуатацию и обеспечил водой в течение года нижележащие ступени каскада (ГЭС-2 и ГЭС-3). В ходе строительства оказалось возможным создание ГЭС-4, водохранилище которой может выровнять неравномерный сток от трех верхних ГЭС, что важно для сохранения рыбных ресурсов.

Предполагается также создание пяти ГЭС на малых реках в Корякском автономном округе, из них три ГЭС с бесплотинным вариантом по типу Быстринской гидростанции. Строительство МГЭС запланировано в два этапа - с достижением на втором этапе запланированных водно-энергетических показателей. После ввода этих станций в эксплуатацию общая годовая экономия дизельного топлива может составить 17 – 18 тыс.т (около 30% ежегодно завозимого в округ).

На Дальнем Востоке, где функционирует около 3000 дизельных электростанций мощностью до 500 кВт, электроснабжение большей части территории также зависит от поставок топлива. «Ленгидропроект» было предложено более 200 створов для строительства перспективных МГЭС с суммарной выработкой энергии до 1500 млн.кВт.ч. в год [16].

В соответствии с более поздними проработками АО «Ленгидропроект» в Дальневосточном экономическом районе и в Приморью энергоснабжение ряда населенных пунктов может быть осуществлено за счет строительства 7 – 8 малых ГЭС укрупненной мощности, расположенных вблизи потребителей и объединенных в местные энергосистемы.

Создание этих ГЭС может существенно сократить количество ежегодно ввозимого в край дизельного топлива (на 28 тыс.т), сократить тем самым автодорожные и морские перевозки и загрузку морских портов. Необходимо также учесть, что действующие дизельные электростанции сильно изношены и требуют обновления оборудования. Этот факт также свидетельствует в пользу переориентации энергоснабжения изолированных потребителей Приморского края от дизельных электростанций на малые ГЭС [17].

Рассмотрены также возможности совместной работы в оптимальном режиме единого комплекса МГЭС, ветровых и солнечных установок для компенсации свойственных этим энергоисточникам суточной и сезонной неравномерности выработки энергии.

ОАО «Институт Гидропроект» как головная организация по проектированию ГЭС располагает обширной базой данных и предложениями по строительству и восстановлению сотен МГЭС во всех регионах России, в том числе схемами размещения малых ГЭС по всему Северному Кавказу (Дагестану, Ставропольскому и Краснодарскому краям, Северной Осетии, Кабардино-Балкарии), по ряду областей Центральной России и другим регионам [18].

В середине 90-х годов XX века ОАО «Институт Гидропроект» разработал проект «Предложения по малым ГЭС с применением унифицированного агрегата. Дальний Восток». Предварительные проектные проработки в пяти административных районах этого обширного энергодефицитного региона позволили выявить более 30 первоочередных МГЭС, которые можно построить в перспективных створах на малых реках, и 25 МГЭС пристроить к функционирующим гидроузлам.

Одновременно ОАО «Институт Гидропроект» продолжается проектирование новых и восстановление старых МГЭС, пристройка ГЭС к существующим каналам и водохранилищам. Так, введена в эксплуатацию Истринская МГЭС под Москвой, Акбашская в Кабардино-Балкарии, Правдинская в Калининградской области, восстановлены две и планируется построить еще две ГЭС в Псковской области, а также в Волгоградской и Ростовской областях и других регионах. Рассматриваются возможности пристройки МГЭС к существующему водохранилищу на р. Суре, на тракте отвода отработанной воды Каширской ГРЭС, на перепаде в 130 м Алханчуртского канала и т. д. [18].

В Карелии рассматривалась возможность строительства МГЭС без водохранилищ. Регулирование стока предполагалось на гидростанциях только при наличии естественного озера крупных размеров, где сработка призмы регулирования не будет сильно сказываться на экосистеме озера, связанного с речной системой.

Наиболее перспективным для Карелии специалисты считают объединение отдельных МГЭС и биогазовых установок, работающих на отходах лесной промышленности, в малые энергокомплексы, но не исключается и использование ветра и других видов энергоисточников [19]. В заключение отметим следующее.

Строительство МГЭС рационально там, где социально-экономические условия и перспективы развития производительных сил региона не требуют создания большой энергетики и малые электростанции могут обеспечить местное энергоснабжение отдельных предприятий, городов и поселков. Малая энергетика может развиваться и параллельно крупным ГЭС там, где передача энергии на расстояние затруднена. Дополнение крупномасштабной гидроэнергетики малой повышает надежность энергоснабжения и позволяет более эффективно использовать гидроэнергетический потенциал рек.

Решение проблемы энергообеспечения с помощью МГЭС соответствует экологизации проектов ГЭС, курсу сбережения органического топлива и трудосберегающей политике в северных регионах. Меньшая стоимость МГЭС, небольшие объемы водохранилищ (а возможно, и прямое использование стока незарегулированной реки для выработки электроэнергии), несравненно меньшие сроки строительства и окупаемости затрат, а главное существенно

большая безопасность эксплуатации и менее значительные экологические последствия, частично рассмотренные в данной статье, свидетельствуют о перспективности в ближайшем будущем развития этого вида электростанций.

Основная задача при сооружении МГЭС - повышение изученности малых рек и последствий создания МГЭС, организация системы мониторинга, разработка оптимальных схем размещения (не только на малых реках) с учетом экологических, экономических и социальных факторов, соблюдение основных правил эксплуатации с точки зрения безопасности, использование новейших проектов сооружений, специальных конструкций рыбоходов, новых предложений по работе механического оборудования (затворов водосбросов и др.).

Очень важным аспектом строительства гидростанций на малых реках является разработка ряда мер по популяризации, разъяснению задач и выгод от энергопроектов, по созданию условий для экономической заинтересованности регионов в МГЭС с учетом взаимоотношений с природной средой различных социальных и этнических групп населения. Для повышения доверия к энергообъектам гидротехники должны широко информировать общественность о решениях в области гидроэнергетики и привлекать ее к обсуждению наиболее важных и принципиальных вопросов.

**ЛИТЕРАТУРА:** 1. Malik L.K. Possible effects of global climate changes on power engineering //World climate change conference. September 29 - October 3, 2003. Moscow, Russia. 2. Алтунин В.С., Дмитрук В.И., Панкратов В.Ф. Изучение, использование и охрана малых и средних рек. //Гидротехническое строительство. 1988. №9. 3. Владимиров А.М. Минимальный сток рек СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. 4. Васильев Ю.С., Хрисанов Н.И. Экология использования возобновляющихся энергоисточников. Л.: ЛГУ, 1991. 5. Великанов А.Л., Закачурина Е.В. Роль малых ГЭС в рациональном использовании малых рек. //Гидротехническое строительство. 1987. № 2. 6. Коронкевич Н.И., Елисеев Д.А., Ясинский С.В. Проблемы малых рек России. //Гидротехническое строительство. 1994. №8. 7. Калустян Э.С. Уроки аварий Кисилевской и Тирлянкой плотин. //Гидротехническое строительство. 1997. №4. 8. Шванштейн А.М. Ступенчатые водосливные плотины и гашение энергии. //Гидротехническое строительство. 1999. №5. 9. Рубинштейн Г.Л., Стефанович Г.В. Переливная грунтовая плотина со ступенчатой низовой гранью. //Гидротехническое строительство. 1998. №10. 10. Широков В.М., Лопух П.С. Формирование малых водохранилищ гидроэлектростанций. М.: Энергоатомиздат, 1986. 11. Садовский С.И. Пути развития малой гидроэнергетики России. //Гидротехническое строительство. 1997. №9. 12. Гиргидов А.Д., Шилин М.Б. Эколого-гидравлические основы расчетов природоимитирующих рыбоходов //Гидротехническое строительство. 1999. №6. 13. Прыткова М.Я., Широков В.М. Проблемы создания, эксплуатации и восстановления малых водохранилищ. //Водные ресурсы. 1991. №1. 14. Арбузов Ю.Д., Евдокимов В.М., Зайцев С.В. и др. Возобновляемые источники энергии в России до 2010 года. //Возобновляемая энергия. М.:Интерсоллярцентр. 2002. 15. Арефьев Н.В., Уваров В.Н. Режимы работы комбинированной энергетической системы МГЭС-БЭУ для условий Карелии. //Гидротехническое строительство. 1995. №6. 16. Львовский В.А., Скворцова Е.Г., Фрумкин В.Н. Решение локальных задач надежного электроснабжения изолированных районов Приморья. //Гидротехническое строительство. 2001. №3. 17. Фельдман Б. Н. Современное состояние и перспективы развития малой гидроэнергетики в России //Гидротехническое строительство. 2000. №8-9.



## УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ РЕК ПРИ ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

*Амирова Н.Н., инженер, Волшаник В.В., д.т.н., ведущий научный сотрудник,  
Пешнин А.Г. к.т.н., старший научный сотрудник, Родионов В.Б., к.т.н., директор Центра  
гидравлических исследований, Юрченко А.Н., к.т.н., начальник отдела ОАО «НИИЭС»*

Вся карта необъятной России густо испещрена синими капиллярами рек и речушек. На долю малых рек длиной до 100 км и площадью водосбора не более 2000 км<sup>2</sup> приходится более 95% общей протяженности гидрографической сети России. Поверхностные пресные воды являются наиболее важным для жизнедеятельности человека и наиболее уязвимым со стороны этой, часто негативной, деятельности компонентом биосферы. Вопросы охраны и управления этими ресурсами относятся к глобальным проблемам нашего времени. При их изучении исследователи и специалисты-практики основное внимание уделяют экологии водохранилищ, имеющих существенное хозяйственное значение для многих регионов мира.

Малые реки на европейской территории России и на Урале в течение столетий являлись источниками энергии в промышленном производстве. До 20 века энергия рек с помощью плотин и водяных колес преобразовывалась в механическую энергию лесопильных устройств, мукомольных и крупорушных жерновов, бумагоделательных вальцов, мехов железоплавильных и кузнечных станков, медеплавильных, чугунолитейных и многих других производств. В 20 веке на смену водяным колесам пришли водяные турбины, и таким образом водяные мельницы были замещены гидроэлектрическими станциями. Однако главное сооружение, построенное человеком для эффективного преобразования энергии речного потока, — плотина — оставалась практически всегда неизменным. При помощи плотины образовывался мельничный пруд или водохранилище гидроэлектростанции.

В России значительное количество водяных мельниц (до 65 тысяч в 19 веке) и малых ГЭС (до 6,5 тысяч в годы после Великой Отечественной войны) обусловило появление на многих малых реках сомкнутых каскадов подпорных бьефов, которые благоприятно преобразовывали гидрологический режим

реки и улучшали экологическую ситуацию в ее пойме. Наличие регулирующей емкости позволяло снизить пик весеннего паводка и повысить расход реки в период межени. Повышение уровня воды в пруду или водохранилище обеспечивало повышение уровня грунтовых вод и благоприятные условия обводнения почв в пойме реки. Обводненные луга давали богатый урожай кормовых трав, были обильно заселены различными животными. Водохранилища использовались для рыбной ловли, разведения водоплавающей птицы, разнообразного хозяйственного использования.

Строительство малых ГЭС с небольшими водохранилищами (объемом 1 – 10 млн.м<sup>3</sup>) позволяет решать многие местные проблемы энерго- и водоснабжения, рекреации, улучшения экологической обстановки.

К началу 21 века в России сохранилось лишь несколько десятков малых ГЭС и единицы водяных мельниц. Остальные малые ГЭС находятся в разрушенном или полуразрушенном состоянии. В поймах малых рек по всей России встречаются остатки плотин (рис. 1,2), которые ухудшают гидрологический режим рек, что постепенно приводит к их обмелению и зарастанию. Кроме того, портится ландшафт и снижается способность рек к самоочищению.



Рис. 1. Деревянный водосброс Мирславльской МГЭС



Рис. 2. Деревянный водосброс и здание Петровской МГЭС

Малые реки в отличие от крупных водотоков теснее связаны с окружающей природной средой. Любое изменение в ландшафте водосбора малой реки (сведение леса, распашка земель или другое хозяйственное освоение) быстро отражается на поверхностном стоке и, как следствие, на режиме ее питания. Из-за меньшей глубины малых рек удельное значение их подземного питания значительно меньше, чем у крупных рек. Меньшее подземное питание малых рек - одна из причин более неравномерного, чем у крупных рек, внутригодового распределения стока. Неравномерность стока оказывает влияние на гидрохимический режим малых рек. Поскольку паводковый сток находится в русле малой реки непродолжительное время — всего в течение нескольких суток или даже часов, река не успевает очиститься от загрязнений под влиянием естественных биологических и химических процессов. Особенно это сказывается в межень (период грунтового питания). Из-за этого загрязненность малых рек, даже при относительно небольших поступлениях загрязнений, может превысить допустимую.

С развитием народного хозяйства существенно изменились функции малых рек и антропогенная нагрузка на них. Значитель-

но уменьшилось их энергетическое использование. Как показало время, значительное количество в России водяных мельниц путем увеличения глубины и обеспечения дополнительной аэрации потока создавали благоприятный режим реки. С их ликвидацией ухудшилось и состояние малых рек.

В настоящее время важнейшими факторами, негативно воздействующими на малые реки, являются сокращение меженного стока (главным образом за счет мелиорации земель, лесосводки, сельскохозяйственных работ) и загрязнение их промышленными и хозяйственно-бытовыми стоками.

Многочисленные малые реки России, особенно в районах сосредоточения промышленного и сельскохозяйственного производства, из-за поступления в них с поверхностным стоком и сточными водами большими количествами загрязняющих веществ, нарушения режима хозяйственной деятельности в водоохраных зонах и попадания органических и минеральных загрязнений, а также смыва грунта в результате водной эрозии находятся в угнетенном состоянии. Уменьшилось рыбохозяйственное значение малых рек, хотя на многих из них в прошлом находились нерестилища не только туводных, но и проходных рыб.

В наши дни сохраняется рекреационное значение малых рек, являющихся местом отдыха. Однако многие малые реки используются как водоисточники для развития местного орошения и в качестве коллекторов для сброса вод с осушаемых участков. На пойменных землях малых рек расположены лучшие сельскохозяйственные угодья (луга, пастбища, пашни). Интенсивная хозяйственная деятельность привела к тому, что некоторые малые реки практически обезводились, пересохла или заилились

Вместе с тем, сегодня существуют условия для возрождения использования богатого потенциала малых рек в целях хозяйственного и рекреационного использования, а также улучшения экологического состояния речных пойм.

Создание малых водохранилищ благотворно сказывается на состоянии водных систем, активизируя способность к самоочищению и способствуя повышению качества воды. В большинстве случаев улучшается кислородный режим как в самом водохранилище за счет фотосинтетичес-

кой деятельности растительных организмов, так и в нижнем бьефе за счет аэрации потока. В малых водохранилищах повышается уровень развития высшей водной растительности.

Малые водохранилища выполняют роль биологического очистного сооружения и способствуют увеличению содержания в воде нижнего бьефа кислорода, азота, уменьшению содержания углекислоты. Улучшению кислородного режима способствует и аэрация воды при прохождении через гидротурбину. Повышение содержания кислорода в воде ниже малых ГЭС улучшает условия обитания рыб, уменьшая вредное воздействие на них, снижая зимние и летние заморы. Накапливая значительное число биогенных элементов, водохранилища малых ГЭС обладают достаточно высокой рыбопродуктивностью.

Зарегулирование стока приведет не только к улучшению качества воды, но и к повышению кормности водоемов, что создаст благоприятные условия для ихтиофауны. Водное зеркало водохранилищ создаст благоприятные условия для жизнедеятельности водоплавающих птиц.

Водоохранилища малых ГЭС, влияя на природу, сами подвергаются воздействию окружающей среды. Будучи малыми, они более чувствительны к антропогенной нагрузке, особенно к загрязнению элементами, не поддающимися процессам биологического самоочищения. Поэтому санитарной охране малых водохранилищ следует уделять особое внимание при проектировании малых ГЭС.

Местные потребители нуждаются в независимых от энергосистем источниках электроэнергии: малые ГЭС способны не только решить эту проблему, но и создать водные объекты, которые с благодарностью будут приняты населением. Водяные мельницы, как показывает небольшой современный опыт их эксплуатации, также могут иметь хозяйственное использование, но чаще, как это можно предположить, они могли бы иметь рекреационное назначение, в том числе как памятники истории российской техники и объекты экспозиции на охраняемых территориях.

Хозяйственное использование земель на селитебных территориях, характеризующееся безвозвратными потерями воды, отбираемой из поверхностных водных источников, приводит к тому, что водность этих источников

постоянно снижается, особенно это относится к межленному периоду. В этих условиях особенно необходимо иметь регулирующие емкости, позволяющие управлять годовым стоком реки. Большое значение имеет и возможность постоянного поддержания уровня грунтовых вод на более высоких отметках на пойменных участках. Таким образом, создание каскадов подпорных бьефов на малых реках позволит решить многие промышленные, рекреационные и экологические проблемы обширных сельскохозяйственных и селитебных территорий, находящихся сегодня в условиях ограниченных водных ресурсов.

По всей территории России разбросано множество руин малых ГЭС, в недавнем прошлом снабжавших хозяйства и населенные пункты электроэнергией. Как правило, разрушения на гидроузлах довоенной постройки связаны с обветшанием и последующим прорывом деревянных конструкций напорного фронта и повреждением паводковых водосбросов (рис. 1,2). До настоящего времени сохранились руины многих МГЭС, но состояние основных сооружений требует существенных затрат в случае их восстановления. С другой стороны, развалины строений бывших зданий и сооружений малых ГЭС удручающе действуют на людей, особенно на местное население. Поэтому возникает естественный вопрос, что делать с разрушенными сооружениями — восстанавливать или сносить?

Остановка гидростанций, опорожнение водохранилищ, а также разрушение водосбросов привело к нарушению сложившейся инфраструктуры. Например, полностью прервано судоходство на воднотранспортных системах, связывающих города Шуя, Тамбов, Моршанск с Окой и Волгой, резко сократились уловы рыбы.

Проведенные инженерные обследования малых гидростанций показали, что существует значительное число ГЭС с хорошо сохранившимися бетонными сооружениями, восстановление которых может быть экономически оправдано.

Опыт проектирования и реконструкции малых ГЭС в европейских странах показывает, что установка нового механического и гидроэнергетического оборудования на старых ГЭС позволяет без существенной реконструкции основных сооружений увеличить выра-

ботку электроэнергии и объемы водохранилищ, одновременно повысив безопасность и экологичность ГЭС. Станции проектируются и строятся как функционирующие в автоматическом режиме комплексы, не требующие персонала и не только не ухудшающие, а наоборот улучшающие экологическую ситуацию в регионах.

В качестве примера удачного сочетания различных социальных и хозяйственных интересов в одном проекте можно привести ГЭС Пюлеран во Франции на живописной реке Ардеш, привлекающей в летний сезон на свои берега огромное количество туристов байдарочников. Этот, первоначально чисто энергетический проект, не отличался высокими технико-экономическими показателями и много лет «пролежал на полке» в энергетической компании Электрисите де Франс. Но в маловодные засушливые годы, когда мелеет река, наплыв туристов спадал столь резко, что бюджет провинции терпел явные убытки.

Муниципальные власти вошли в долю на строительство ГЭС. Теперь проект успешно осуществлён и, к удовольствию всех сторон, производится выработка электроэнергии, а вода из водохранилища неизменно поддерживает полноводной любившуюся туристам реку.

Специалистами ОАО «НИИЭС» проводились натурные обследования многих полуразрушенных малых ГЭС и было выполнено технико-экономическое обоснование восстановления ряда МГЭС, а для Веселовской МГЭС (Веселовский район, Ростовская область), Копылковской МГЭС (Пустошкинский район, Псковская область) на реке Великая (рис. 3), Петровской (рис. 2) и Мирславльской МГЭС (рис. 4) (Гаврилово-Посадский район, Ивановская область) на р. Нерль в составе ТЭО была выполнена оценка воздействия на окружающую среду. Копылковская, Петровская и Мирславльская МГЭС (рис. 2, 3, 4) по техническим показателям являются подобными станциями.

Восстановление МГЭС, кроме решения энергетических задач, имеет несомненный положительный социальный эффект. Особенно это касается Петровской МГЭС, водохранилище которой ранее решало целый комплекс задач крупного населенного пункта Петровский и рядом расположенных деревень. Восстановление этих МГЭС на малых реках по-



Рис. 3. Нижний бьеф за водосбросными сооружениями Копылковской МГЭС



Рис. 4. Здание Мирславльской МГЭС

зволят решить экологические, рекреационные и энергетические проблемы районов их размещения.

Следует отметить, что реконструкция и восстановление малых ГЭС позволяют обеспечивать мелких и средних потребителей электроэнергии в автономном режиме без использования сетей РАО ЕЭС, сократить затраты на строительство линий электропередач и частично снять нагрузку с существующих линий электропередач, т.е. приблизить потребителей электроэнергии к источнику его производства.

Начиная с 1995 года и по настоящее время в ОАО «НИИЭС» ведутся работы по созданию базы данных гидротехнических сооружений и ГЭС на малых реках европейской части России.

База данных содержит информацию почти по 200 малым ГЭС на реках бассейна верхней и средней Волги, а также северо-западного региона РФ. По 100 объектам выполнены инженерные обследования сооружений. По части объектов собрана проектная документация. В базе данных представлен

наиболее распространенный на территории РФ класс подпорных гидротехнических сооружений и ГЭС на реках длиной 50...300 км с паводковыми расходами 1%-ой обеспеченности 100...1500 м<sup>3</sup>/с и меженными расходами 2...20 м<sup>3</sup>/с.

Практически все объекты базы данных имеют (имели) в своем составе здания ГЭС, более половины плотин построены в энергетических целях. Использование водохранилища для водоснабжения, водного транспорта, рыболовства имело, как правило, второстепенное значение. В подавляющем большинстве применялся каскадный принцип регулирования водотоков. На реках строились каскады из 2 – 6 гидроэлектростанций, которые полностью формировали хозяйственную инфраструктуру по берегам реки, кроме того принцип каскадного регулирования обеспечивал защиту от наводнений при пропуске паводков. В основном сохранились железобетонные здания ГЭС.

На основе информации, представленной в базе данных по малым ГЭС и плотинам на малых реках, возможно выполнение следующих видов инженеринговых работ:

- техничко-экономический анализ гидроэнергетического потенциала реки или группы рек в выбранном регионе;

- инженеринговая поддержка федеральных и региональных программ в области гидроэнергетики и водных ресурсов;

- прогнозирование паводковой ситуации на реках, по которым имеются сведения о гидротехнических сооружениях;

- выбор эффективных створов и разработка технико-экономических обоснований планируемых к возведению малых гидросооружений;

- разработка сокращенного ТЭО реконструкции (восстановления) МГЭС или каскада малых ГЭС;

- разработка новых компоновочных решений малых гидроэлектростанций и конструкций их основных сооружений.

Для поиска решений по восстановлению МГЭС в России недавно построена малая опытно-экспериментальная Хоробровская МГЭС (рис. 5), расположенная на р.Нерль в Ярославской области, которая позволяет оценивать различные аспекты обсуждаемой проблемы.

На МГЭС проводится испытание нового турбинного и гидромеханического оборудова-



Рис. 5. Хоробровская экспериментальная МГЭС

ния, различных конструкций водосбросных сооружений. В настоящее время на Хоробровской ГЭС ведётся мониторинг за работой затворов «плавких» вставок системы «Гидроплюс». Особый интерес представляет наблюдение за поведением затворов этого типа в условиях суровой русской зимы и интенсивного льдообразования. На ГЭС также проводятся тестовые испытания турбинного оборудования.

### **Заключение**

Водные богатства, сосредоточенные в малых реках, на протяжении веков широко используются в бытовой и производственной деятельности человека. Нередко эта деятельность оказывает негативное воздействие на водные источники. Вопросы охраны, управления и рационального использования этих ресурсов относятся к приоритетным направлениям науки.

Водохранилища и пруды малых ГЭС улучшают гидрологический режим малых рек. Подтверждением тому может служить более чем вековой опыт эксплуатации сооружений и прудов мельничных комплексов. Но десятки тысяч малых ГЭС на территории России находятся в частично или полностью разрушенном состоянии, постепенно нарушая гидрологический режим рек, угнетая их и портя окружающий ландшафт. Необходимость восстановления хотя бы части из существовавших МГЭС позволит решить большой спектр задач, связанных с энергоснабжением, водоснабжением, рекреацией и улучшением экологической ситуации на прилегающих территориях.

## МАЛАЯ НЕТРАДИЦИОННАЯ МОРСКАЯ, РЕЧНАЯ И ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

*Историк Б.Л., д.т.н., главный научный сотрудник, Усачев И.Н., к.т.н., начальник отдела малой и нетрадиционной энергетики, Шполянский Ю.Б., к.т.н., зав. лабораторией, ОАО «НИИЭС»*

Обычно к малой и нетрадиционной энергетике относят электроустановки мощностью не более 30 МВт и единичные гидроагрегаты мощностью около 10 МВт.

Исходя из этой классификации к малой нетрадиционной водной энергетике в настоящее время можно отнести: малые и миниГЭС; приливные электростанции (ПЭС), кроме ПЭС Ранс; геотермальные (ГеоТЭС); морские волновые установки (ВлЭУ); электростанции, использующие энергию морских (и речных) в основном подводных приливных течений — подводные ПЭС (ППЭС). Особое положение занимают комбинированные гидроветроустановки, совмещающие работу ГЭС и ПЭС с установкой на плотине ветроэнергетических установок (ВЭУ). Отдельно следует рассматривать и ПЭС, работающие для выработки из воды водорода. Все эти нетрадиционные виды энергий рассмотрены в настоящей статье.

**Малая гидроветроэнергетика с новыми ортогональными агрегатами.** В России в 1913 г. в эксплуатации находилось 78 малых ГЭС суммарной мощностью 8,4 МВт, в том числе самой крупной была ГЭС Мургаб мощностью 1,35 МВт. К началу Великой Отечественной войны в России работало уже 660 малых сельских ГЭС общей мощностью 330 МВт., а на 40 – 50-е годы XX века пришелся пик строительства малых ГЭС (МГЭС) с ежегодным вводом в эксплуатацию до 1000 энергоблоков. К 1955 году на территории европейской части России по различным оценкам насчитывалось от 4000 до 5000 МГЭС.

Однако из-за присоединения сельских потребителей к централизованной сети энергоснабжения малые ГЭС оказались неэкономичными, и в эксплуатации в обжитых районах страны к 1980 г. осталось 100 ГЭС с суммарной мощностью 25 МВт, а к 1990г. малых ГЭС оставалось всего 55.

В последние годы интерес к МГЭС вновь возрос из-за высоких цен на топливо и значительных затрат на эксплуатацию линий электропередачи 10 – 30 кВ при энергоснабжении удаленных потребителей электроэнергии, а также из-за возросших требований к охране окружающей среды и стремления собствен-

ников малых промышленных и сельских предприятий к энергетической независимости.

В настоящее время возможный к использованию технический потенциал малых ГЭС России оценивается в 357 млрд.кВт\*ч/год. МГЭС Европейской части России могут обеспечить выработку электроэнергии, полностью удовлетворяющую потребности районов, экономика которых ориентирована на сельхозпроизводство. В этом случае строительство малых ГЭС позволяет также эффективно использовать водные ресурсы рек в целях водоснабжения, рыболовства, транспорта и пр.

В качестве примера восстановления энергетики МГЭС можно привести введенную в 2003 г. в эксплуатацию малую экспериментальную Хоробровскую ГЭС на р. Нерль - Волжская мощностью 160 кВт с годовой выработкой 840 тыс.кВт\*ч электроэнергии (главный инженер проекта М.Э. Лунаци). [1]

Хоробровская ГЭС сооружена как постоянно действующая опытно-экспериментальная база Научно-исследовательского института энергетических сооружений (ОАО «НИИЭС») ОАО РАО «ЕЭС России» для испытаний в натуральных условиях новых технологий и оборудования на этапе технического перевооружения гидроэнергетики России, включая малую гидроэнергетику. Гидростанция работает в полностью автоматическом режиме как в отношении выработки электроэнергии, так и при пропуске паводков. На водосливной плотине ГЭС установлены экспериментальные автоматические затворы «Гидроплюс» (выполненные при участии специалистов из Франции), позволяющие обеспечить безопасность работы сооружений при пропуске паводков и защите территорий от наводнений. (рис. 5 стр. 53).

Новая малая ГЭС, введенная в эксплуатацию в 2004 г. на озере Сенеж в Московской области, предусматривала восстановление малой гидроэнергетической установки XIX века барона Кноппа и гидротехнических сооружений, выполненных ещё 250 лет назад (рис. 1) [1].

На ГЭС «Сенеж» в качестве гидроэнергетического оборудования установлена разработанная в соответствии с [2] и уизготовленная на ИТЦ «Прометей»(г. Чехов) новая



Рис. 1. Здание ГЭС экспериментального гидроветроэнергетического комплекса «Сенеж»

перспективная для малой гидроэнергетики ортогональная гидротурбина, позволяющая эффективно использовать новые и существующие низконапорные плотины, что исключительно важно для освоения экологически чистых и возобновляемых источников энергии.

Одновременно с восстановлением ГЭС «Сенеж» на её плотине установлены ортогональные энергетические ветроустановки с новой конструкцией аэродинамического торможения, разработанные также в ОАО «НИИЭС» (рисунок на 1-й стр. обложки). Сочетание работы ГЭС с ветроэнергетическими установками в едином комплексе позволит оптимизировать выдачу мощности малой электростанции в местную сеть.

Суммарная мощность ветрогидрокомплекса составляет 70 кВт, включая два ветроагрегата по 10 кВт (в настоящее время разрабатываются ортогональные машины 100 кВт) и два гидроагрегата 45 кВт и 5 кВт соответственно. Предполагается проведение комплексных испытаний при работе на сеть и локальную нагрузку, что позволит в дальнейшем использовать подобные энергокомплексы для энергоснабжения отдаленных потребителей.

**Малые приливные электростанции.** На сегодня в мире работает по существу одна промышленная ПЭС Ранс, на которой установлено 24 капсульных гидроагрегата мощностью по 10 МВт, т.е. турбинный блок капсульного гидроагрегата можно фактически рассматривать как локальную малую ПЭС, тем более что подобный гидроагрегат работал на малой ПЭС Сен-Мало, а современные проекты ПЭС разрабатываются на основе «российской» наплавной технологии «сборки» здания ПЭС из отдельных

блок-модулей мощностью 10 – 30 МВт. В настоящее время в мире помимо ПЭС Ранс работают две экспериментальные малые ПЭС —

Кислогубская в России и Аннаполис в Канаде и девять малых и микроПЭС в Китае, Корее и Индии мощностью от 40 кВт до 33 МВт. [ 3]

На Кислогубской ПЭС в 2004 г. в свободный донный водовод установлен новый опытно-промышленный ортогональный гидроагрегат с диаметром рабочего колеса 2,5 м, разработанный ОАО «НИИЭС» и ЗАО «Объединение «Ингеоком» специально для приливных электростанций и изготовленный в Центре атомного судостроения — ФГУП «ПО Севмаш» (рис. 2,3).



Рис. 2. Кислогубская ПЭС (осень 2004г.)

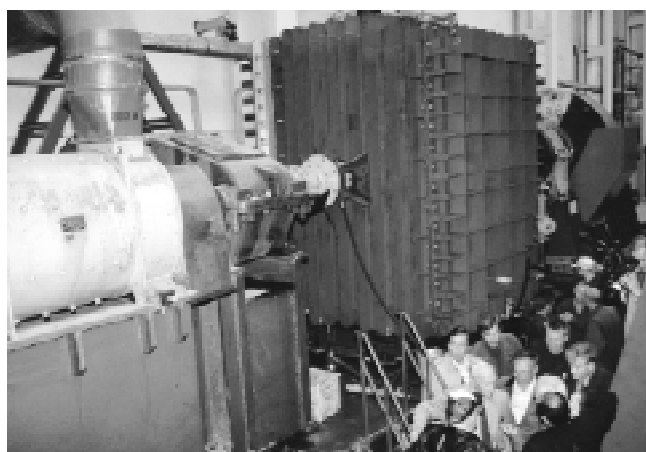


Рис. 3. Заводские испытания нового ортогонального гидроагрегата Кислогубской ПЭС

Ортогональный гидроагрегат за счет снижения более чем в 2 раза затрат на гидросиловое оборудование открывает реальные возможности приступить к широкомасштабному мировому освоению приливной энергии.

РАО «ЕЭС России» заинтересовано во внедрении в серийное производство высокоэффективных установок для нетрадиционной энергетики (малые низконапорные ГЭС, ПЭС и

ВЭС), и продолжение работ по ортогональным машинам финансируется и находится в настоящей период под непосредственным контролем Председателя Правления РАО «ЕЭС России».

При проектных разработках будущих ПЭС, так же как и на ГЭС «Сенеж», учитывается эффективность совмещения работы ПЭС и ВЭС. Например, в материалах проектирования Мезенской ПЭС показано, что ВЭС на дамбе ПЭС увеличивает мощность ПЭС на 10%.

**Приливные электростанции для выработки водорода.** Дискретный характер приливной энергии может быть эффективно использован на работу ПЭС на потребитель-регулятор. Для этого необходим подбор производств, способных экономично работать в прерывистом режиме и производственный процесс которых легко поддается автоматизации. Требования к таким производствам с небольшим числом часов использования — низкая трудоемкость, минимальная капиталоемкость и возможность складирования продукции. Для снижения затрат по передаче продукции целесообразно размещение такого потребителя — регулятора поблизости от малообжитых участков побережья Мирового океана с высокими приливами, где имеется значительная концентрация приливной энергии, которая может сочетаться с энергоемким потребителем (например, залив Секюр на западном побережье Австралии, Фурацио в Бразилии и Пенжинский залив на Охотском побережье России).

Всем этим условиям удовлетворяет производство водорода и аммиака на его основе. Однако и здесь, в связи с тем что не все стадии процесса регулируемы, должна быть обеспечена часть базисной нагрузки, которая, по предварительным данным, должна составлять около 10% от максимальной энергетической нагрузки.

В настоящее время основным сырьем для получения водорода и азотной кислоты (через аммиак) является природный газ, расход которого на нужды азотной промышленности исчисляется десятками миллиардов кубометров в год, поэтому использование прерывистой энергии приливных электростанций приобретает важное значение. ПЭС, способные работать в дискретном режиме, могут весьма эффективно производить малоинерционные процессы по электролизу воды с целью получения водорода.

Создание на ПЭС производства выработки водорода вызвано необходимостью расшире-

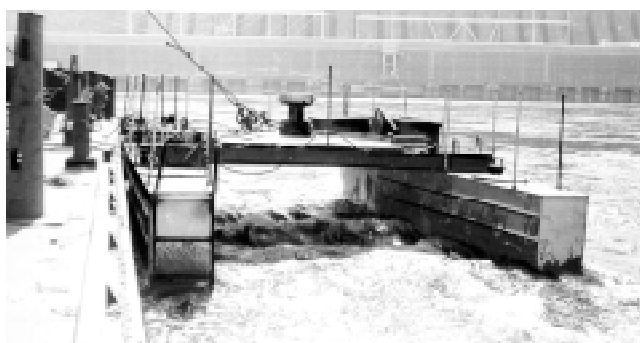
ния сырьевой базы промышленности, экономии дефицитного углеводородного топлива и создания систем запаса и передачи произведенной энергетической продукции на расстояние.

В Европейской части России на Мезенской ПЭС при её возможном вводе в эксплуатацию в 2015 – 2020 гг. дискретная энергия может быть использована для централизованного производства из воды водорода в объемах до сотен млн.м<sup>3</sup> в год и транспортировки его по существующим топливно-энергетическим трубопроводам для дальнейшего сжигания в топках ТЭС либо использования для нужд химической промышленности [4].

Сравнение традиционной передачи энергии по ЛЭП и водорода по топливным трубопроводам показывает, что при транспортировке энергии на расстояние более 200 км дешевле оказывается трубопроводный транспорт водорода.

### *Малые ПЭС и ГЭС на речном потоке*

ГЭС этого типа могут состоять из наплавных блоков с турбинами ортогонального типа горизонтального либо вертикального расположения. Вертикальная компоновка фактически отвечает сооружениям ПЭС, работающим на подводных приливных течениях (см. далее), а горизонтальную компоновку целесообразно использовать в реках-потоках с небольшими глубинами. Речные энергетические установки с ортогональными турбинами, работающими на потоке, были исследованы в ОАО «НИИЭС», и их результаты были подтверждены натурными испытаниями наплавной ГЭС, осуществленными В.В. Бухановым на р. Енисее ниже Красноярской ГЭС и показавшими реальность осуществления простейших наплавных ГЭС малой мощности (рис. 4).



**Рис. 4.** Испытания наплавной микроГЭС с горизонтальными ортогональными гидроагрегатами, работающими на скоростном течении, выполненные на Красноярской ГЭС В.В. Бухановым



### **Волновые энергетические установки**

Для волновых энергетических установок (ВлЭУ), используемых в настоящее время для автономного потребителя, мощность ветрового волнения определяется на погонный метр фронта волны. Так, при высоте волны 10 и периоде 15 сек. мощность ВлЭУ может достигнуть 2000 кВт/п.м.

В реальных условиях ветровые волнения является нерегулярными и для оценки удельной мощности ВлЭУ необходимо иметь долгосрочные статистические данные по обеспеченности высоты и периодов волн.

В качестве примера можно привести результаты расчета величины возможной выработки электроэнергии ВлЭУ в створе Мезенской ПЭС, где при использовании в летний период (зимой льды) при полезном 30%-ном к.п.д. энергии волн годовая выработка может достигнуть 191 млн.кВт·ч /год, что составит 0,4% от выработки ПЭС в этом же створе.

В настоящее время сооружены несколько опытно-промышленных ВлЭУ в Норвегии и Исландии. В 2002 г. введена в эксплуатацию волновая опытная электростанция в Португалии, которая при воздействии волн высотой 2 – 5 м вырабатывает в год 6 – 10 млн.кВт·ч. электроэнергии.

Удельные капиталовложения в строительство ВлЭУ достигают 5000 \$/кВт и их использование в промышленном масштабе в настоящее время пока экономически неэффективно.

В то же время оказывается экономически обоснованным косвенное использование ВлЭУ, например при устройстве волноломов морских сооружений для упрощения их конструкций и понижения отметок гребня плотин.

### **Электростанции, использующие энергию морских течений**

В последние годы интенсивно изучаются возможности использования морских течений для выработки электроэнергии. Оценено, что во всем мире энергия, которую можно будет получить от преобразования энергии морских течений, составит около 2000 ТВт·ч/год.

В настоящее время на побережьях Европы определено 106 перспективных участков (где скорость течений более 1,5 м/с) для размещения так называемых подводных приливных электростанций (ППЭС), которые могут при использовании современных технологий обеспечить подачу в Европейские энергосистемы 48 ТВт·ч/год (для сравнения — соору-

жение прибрежных ПЭС на напоре в 119 предлагаемых створах мира обеспечит получение 2037 ТВт·ч энергии/год) [5].

На побережье Девон в заливе Лайм в Англии сооружена пионерная подводная приливная электростанция мощностью 300 кВт. Проект стоимостью 3,5 миллионов фунтов был разработан великобританской компанией IT Power, строительство осуществлено компанией Marine Current Turbines Ltd. [5].

В верхней части сооружения предусмотрена площадка, на которую может подниматься турбина с целью ее осмотра. Компания Marine Current Turbines применяет для контроля систему эхолота (норвежские разработчики компании Hammerfest Strom, проектирующие турбины для глубоких вод, осуществляют контроль с помощью водолазов).

Конструкция ППЭС использует вариант одной турбины, в основе которой применение пары осевых подвижных роторов величиной 20 м в диаметре. Каждый из роторов связан с генератором через аппаратный блок, так же как в ветровой турбине. Агрегат, генерирующий энергию, находится на трубчатой стальной свае диаметром 2,0 м, которая закреплена в отверстии, пробуренном на дне моря. Для данного проекта компания разработала лопасти с различным наклоном, что позволяет увеличить гидравлическую производительность роторов по сравнению с фиксированными лопастями. Генератор представляет собой всасывающий мотор, аналогичный применяемому в нефтяной и газовой промышленности. Аппаратный блок произведен компанией Jahnel Kestmann. Турбина связана с берегом посредством морского кабеля.

Для установки испытательной турбины было выбрано побережье Девон, поскольку близ него относительно глубокие воды и сильные течения. Течения составляют в среднем 2,5 м/с, в то время как расчетные минимальные течения для функционирования установки составляют 2 м/с. Максимальной скорости не существует, т.к. чем сильнее течение, тем выше производительность установки. Глубина погружения опытной турбины составляет 45 м. Предполагается в будущем эксплуатировать подобные турбины на глубине 20 м.

Аналогичные проекты ППЭС разрабатываются компаниями Blue Energie Canada и BC Hydro, но пока еще находятся на теоретической стадии.

Канадская компания Triton Consultants оценила, что наибольшим потенциалом для работы ППЭС обладает район, прилегающий к реке Кемпбелл, а также залив Джонстоун и канал Дискавери.

Компания Blue Energie Canada за основу в проектировании ППЭС берет гидротурбину Davis с вертикальной осью в виде трубы, которая технически подобна ветровым турбинам Darrieus в виде четырех закрепленных гидрокрыльев, подсоединенных к ротору, который соединен с электрическим генератором. Турбина устанавливается на бетонном понтоне, который удерживает агрегат на дне моря, направляет водный поток, поддерживает сцепной механизм, аппаратный блок и генератор. Компания допускает возможным расположение турбин в ряд в виде приливного моста.

Турбины коммерческого типа предлагается группировать подобно ветровым турбинам. Такой комплекс турбин может иметь мощность более 20 МВт.

Для полноценной эксплуатации ППЭС необходимо решать проблемы устойчивости к коррозии, предотвращения обрастания лопастей и иметь гарантии надежности по эксплуатации и техническому обслуживанию под водой.

Поскольку в настоящее время нет действующих турбин коммерческого типа трудно оценить стоимость энергии и конкурентноспособность ППЭС по сравнению с традиционными источниками энергии.

Первоначальные исследования показали, что для экономного эксплуатации ППЭС необходимы скорости течений не менее 2 м/с.

В Норвегии в проливе Квалсундет у г. Хаммерфест, где скорость приливной волны до-

стигает 2,5 м/с, на глубине 17 м также работает опытная ППЭС мощностью 320 кВт [6]. Её строительство было профинансировано Евросоюзом, стоимость её электроэнергии втрое дороже традиционной.

### *Геотермальная энергетика*

В настоящее время использует термальные воды с температурой 100 – 200°C в вулканических районах с месторождениями парогидротерм, залегающих на небольшой глубине. Обычно пароводная термальная вода извлекается из скважин, пробуренных на глубину 2 – 5 км, и каждая из скважин способна обеспечить электрическую мощность 4 – 8 МВт с площади геотермального месторождения около 1 км<sup>2</sup>. При этом по экологическим соображениям необходимо иметь и скважины для закачки в пласт отработанного геотермального флюида [7].

В настоящее время в мире суммарная установленная мощность геотермальных электростанций (ГеоТЭС) около 6,0 ГВт.

В России месторождения высокопотенциальных самоизливающихся парогидротерм имеются только на Камчатке и Курилах, где они могут обеспечить создание ГеоТЭС суммарной мощностью в 1 млн.кВт.

В 1967 г. на Камчатке была пущена в эксплуатацию первая в России Паужетская ГеоТЭС мощностью первой очереди 5 МВт, а в 1982 г. ее мощность была увеличена до 11 МВт.

В 1993 г. на острове Кунашир Курильской гряды вошла в строй ГеоТЭС мощностью 500 кВт, а в 1999 г. состоялся пуск трех энергоблоков по 4 МВт на Верхне-Мутновский ГеоТЭС первой очереди. На этой же ГеоТЭС ожидается также пуск двух модульных блоков по 25 МВт.

**ЛИТЕРАТУРА:** 1. Усачев И.Н., Историк Б.Л., Шполянский Ю.Б., Луначи М.Э. Малая нетрадиционная энергетика России (энергия морских приливов, ветроэнергетика, энергия волн, солнечная энергетика, геотермальная энергетика, энергия биомассы, энергия «морского» газа, малая гидроэнергетика). «Новости электротехники», 2003, №3, № 4, С-Петербург. 2. Патент № 2044155. Гидротурбинная установка. Историк Б.Л., Шполянский Ю.Б. Открытия. Изобретения. № 26. 1995. 3. Усачев И.Н. Приливная энергетика. «Энциклопедия систем, поддерживающих жизнь». Том ЕЗ-08-05. ЮНЕСКО, Оксфорд, Великобритания, 2003. 4. Пахомов В.В., Кузнецов В.П., Усачев И.Н. и др. Водородная энергетика. РИЦ «Курчатовский институт», 2001. 5. Sanfordl., Winning the tidal race. «Modern Power Systems», July 2003. 6. Svennevig B., Virtaa meren pohjasta., «Tieteen Kuvalehti», 16/2003. 7. Тарнижевский Б.В., Нетрадиционная энергетика, М., ЭНИН, 2001.

### БОЛЬШИЕ ПРОБЛЕМЫ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)

*Парников Н.М., Генеральный директор ОАО «Сахаэнерго»*

Республика Саха (Якутия) занимает пятую часть территории России, являясь самым большим её территориальным образованием, площадью 3103 тыс.км<sup>2</sup> и с населением ≈ 990 тыс.чел.

Значительные пространства заняты низменностями с обилием озер и болот. Вся территория Республики расположена в зоне многолетней мерзлоты, глубина которой варьирует от 100 до 500 м и более. Во многих местах встречаются погребённые льды разной мощности. Климат, за исключением приморских районов, резко континентальный. Жаркое короткое лето сменяется суровой продолжительной зимой. На территории Якутии находится полюс холода северного полушария. Территория Республики характеризуется сложнейшими климатическими условиями (перепад температур от +40°C летом до -65°C зимой), большой протяженностью, крайне низкой плотностью населения, а также слабо развитой сетью коммуникаций между населенными пунктами. В сельских населенных пунктах и в родовых селениях население в основном занимается индивидуальным хозяйством: разведением крупного рогатого скота, коневодством, оленеводством, рыболовством, охотой.

Источниками энергоснабжения децентрализованной зоны Якутии являются около 200 дизельных станций, обслуживаемых ОАО «Сахаэнерго» — дочерним предприятием АК «Якутскэнерго», ГУП «Сахасельэнерго», а также другими отдельными предприятиями. Зона обслуживания дизельных электростанций (ДЭС) составляет 2/3 территории Республики, то есть более 2 млн.км<sup>2</sup> и с населением свыше 180 тыс. человек

ОАО АК «Якутскэнерго» — одна из немногих в Российской Федерации изолированных энергосистем. В ее составе кроме основных энергоисточников — ГЭС, ГРЭС и ТЭЦ — работают 100 локальных ДЭС с установленной мощностью от 0,1 до 15 мВт каждая.

Основой энергоснабжения населения и других потребителей на Крайнем Севере являются 141 ДЭС, обслуживаемых ОАО «Сахаэнерго».

На севере Республики в родовых общинах оленеводов ДЭС дают свет, тепло и являются единственными технически оснащенными предприятиями.

В центральной части Республики, в высокогорных районах, в которых налажена добыча полезных ископаемых, располагаются рабочие поселки и предприятия добывающей промышленности, электроснабжение которых осуществляется от ДЭС укрупненной мощности.

Состояние энергетического оборудования, уровень его надежности и технико-экономические характеристики не соответствуют важности стоящих задач и требуют кардинального улучшения как организации энергоснабжения, так и ее материальной базы.

Доля выработки электроэнергии дизельными электростанциями в республиканском производстве электроэнергии составляет 6,4%, а затраты на её производство и распределение 32,8%.

ОАО «Сахаэнерго» обслуживает 141 станцию общей мощностью 283,5 МВт, вырабатывающих в год 416,7 млн. кВт\*ч электроэнергии при годовом расходе топлива ≈ 170 тыс.тонн.

В основном ДЭС являются одиночными и работают на свои распределительные электросети (рис. 1).



**Рис. 1.** Эльдикан, ПЛЭС «Северное сияние». Оснащена двумя ГТУ суммарной мощностью 24 МВт, двумя ДГА-315 для собственных нужд и четырьмя котлами общей паропроизводительностью 48 т/ч для отопления поселка Эльдикан.

Большинство ДЭС размещено в плохо приспособленных зданиях без учета мерзлотного состояния грунтов, которые при оттаивании приводят к деформациям зданий и сооружений.

Износ зданий и сооружений составляет 60%, зачастую под здания ДЭС приспособлены бывшие склады, гаражи и т. д., пожароопасные, не отвечающие требованиям по охране труда.

Некоторые ДЭС (Сватай, Куберганя) находятся в зоне периодического затопления во время весеннего половодья и требуют переноса на новое место.

Основным оборудованием ДЭС являются дизель-генераторы 30 типов, усредненный износ которых составляет 78%.

На балансе АО «Сахаэнерго» АК «Якутскэнерго» находится 466 подстанций с суммарной мощностью 287 МВА и 2053 км высоковольтных линий (ВЛ) всех напряжений.

41% воздушных линий электропередачи (ЛЭП) отработали более 25 лет и требуют полной реконструкции, 30% ЛЭП отработали от 15 до 25 лет и требуют капитального ремонта с заменой древесины. На подстанциях около 35% оборудования морально и физически устарело или снято с производства. Все поселки и объекты сельхозназначения питаются по одноцепным линиям большой протяженности, что приводит к увеличению числа аварий и сверхнормативным потерям электроэнергии. Все воздушные ЛЭП, отходящие от ДЭС, выполнены на деревянных опорах с установленным сроком службы до 25 лет; в настоящее время необходимо проведение реконструкции ЛЭП с напряжением 0,4 – 35 кВ и суммарной протяженностью не менее 650 км.

Единственными техническими центрами Республики являются ремонтные мастерские РЭС и ДЭС в нескольких населенных пунктах.

Ремонтные мастерские размещаются в приспособленных помещениях, технически слабо оснащены, в основном 2 – 4-мя металлообрабатывающими станками выпуска 50 – 70-х годов и несколькими слесарными верстаками, и плохо оснащены измерительным, металлорежущим, слесарным и другими специальными инструментами.

Ремонт ДЭС производится прямо в машинных залах в проходах между работающими дизель-генераторами с нарушением ТБ и технологии ремонта, что значительно снижает качество ремонта. На предприятиях нет стен-

дов проверки топливных насосов, стендов для ремонта мелких дизелей, участков для ремонта навесного оборудования, участков изготовления резинотехнических изделий.

Рынок услуг по капитальному ремонту и сервисному обслуживанию оборудования ДЭС в Республике Саха (Якутия) отсутствует. На территории от Урала до Чукотки специализированные пуско-наладочные организации сохранились только в г. Новосибирске.

Создание современных ремонтно-технических баз на предприятиях, устройство и оснащение механических мастерских в РЭСах и ДЭСах, замена изношенного и устаревшего парка металлообрабатывающих станков и сварочного оборудования должно решаться на уровне основных задач.

Проблемными вопросами по-прежнему остаются:

наличие изношенной буровой и автотракторной техники и отсутствие запчастей для ее ремонта;

недостаточные объемы поставок материалов и оборудования; отсутствие запасов, материалов и оборудования, в том числе и аварийного.

Имеющийся автотранспортный парк морально устарел и физически изношен. В связи с этим остро стоит вопрос его обновления.

В настоящее время практически весь объем нефтепродуктов завозится из-за пределов Республики Саха (Якутия).

Морской, речной и железнодорожный виды транспорта осуществляют завоз топлива до определенного пункта накопления. Потом из пункта накопления топливо доставляется до ДЭС автотранспортом.

Продолжительность морской навигации составляет 30 – 45 дней (август – сентябрь). Топливо доставляется из морских портов Архангельска, Мурманска, Владивостока, Находки по Северному морскому пути в устья рек Анабар, Яна, Лена, Колыма, Индигирка с перевалкой в танкерный мелкосидящий флот для последующей доставки на нефтебазы. Этим видом транспорта завозится почти 44% годовой потребности топлива.

Продолжительность речной навигации составляет 4 – 4,5 месяца. По данной схеме завоз осуществляется через г. Усть-Кут Иркутской области с последующей перевалкой через нефтебазу в танкерный флот Ленского па-

роходства для доставки по рекам Лена, Алдан и Вилюй на нефтебазы. По этой схеме используются также суда вида «Река-море» для доставки топлива на нефтебазы рек Анабар (Юрюнг-Хая), Яна (Нижне-Янские), Индигирки (Чокурдах), Колымы (Черский) и т.д.

В период весеннего паводка и наличия «большой» воды для доставки топлива используются и так называемые «малые» реки. Продолжительность навигации на этих реках колеблется от 10 до 20 дней вследствие их быстрого обмеления.

Речной транспорт завозит около 26% годового завоза топлива, с учетом перевалки отработывает приблизительно 60 – 70% потребности топлива.

Железнодорожным путем топливо доставляется до станций Беркакит, Алдан, Томмот с последующей доставкой автомобильным и речным транспортом до нефтебаз.

Автомобильная доставка топлива осуществляется в основном (свыше 90 %) по «автозимникам» с нефтебаз, расположенных на пристанях или морских и речных портах. Главным недостатком «автозимников» является их недолговечность — до 3 – 3,5 месяцев в году. В настоящее время практически отсутствует рынок автотранспортных услуг. Зачастую владельцы автотранспорта в улусах являются монополистами на оказание этих услуг. Из-за недостатка собственного автотранспорта, почти 55% перевозимого автотранспортом топлива доставляется привлеченным транспортом. Это обстоятельство отвлекает дополнительные финансы, так, например, затраты на перевозку дизельного топлива автотранспортом за 2000 г. составили 31,5 млн. рублей.

Таким образом, сложившаяся транспортная схема завоза топлива характеризуется следующими факторами:

- сезонностью завоза топлива;
- общей географической удаленностью от поставщиков топлива;
- среднегодовой доступностью некоторых электростанций 2 – 3 месяца;
- фрагментарностью расположения ДЭС (сильный разброс и удаленность друг от друга, от улусных центров и от «головных» ДЭС);
- отсутствием рынка автотранспортных услуг;
- большими издержками.

С появлением рыночных отношений и длительной задержкой выплаты заработной платы начался процесс массового оттока специалистов-энергетиков из районов Крайнего Севера в центральные районы России.

В структурах малой энергетики резко увеличилась текучесть кадров и, как следствие, появилась острая нехватка мастеров, бригадиров, высококвалифицированных рабочих. В целом Северные территории Республики в хозяйственном отношении убыточны и их развитие на протяжении многих лет происходило за счет государственных дотаций. С уменьшением бюджетной поддержки падает экономическая активность в регионе. Экстремальные климатические условия, неустроенность быта и практическое отсутствие услуг социальной сферы не способствуют привлечению специалистов-энергетиков в малонаселенные поселки, а молодежь из числа местного населения мигрирует в промышленные центры и столицу Республики.

Техническое перевооружение и связанная с ним высокая степень автоматизации парка ДЭС с постепенным переходом на дистанционное управление с использованием современных средств связи создают дополнительные проблемы наряду с социальными вопросами для кадрового обеспечения малой энергетики.

На совместном совещании Правительства Республики Саха (Якутия), руководства ОАО РАО «ЕЭС России» и АК «Якутскэнерго» 16.06.2001 г. были рассмотрены вопросы развития электроэнергетики Республики; отмечено, что ОАО АК «Якутскэнерго» по сравнению с другими энергокомпаниями холдинга РАО «ЕЭС России» имеет наибольшую территорию обслуживания потребителей и наибольшее количество ДЭС, работающих в условиях полной автономности с обеспечением их дизельным топливом и материально-техническими ресурсами по сложной транспортной схеме и являющихся единственным объектом жизнеобеспечения в населенных пунктах Республики.

Проведенный анализ существующего состояния малой энергетики Республики указал на необходимость разработки «Программы развития малой энергетики Республики Саха (Якутия) на 2001 – 2005 гг.», которая была утверждена Постановлением Правитель-

ства Республики Саха (Якутия) 28 декабря 2001 г. и Правлением РАО «ЕЭС России» 8 апреля 2002 г.

Основной целью развития малой энергетики Республики Саха (Якутия) является подъём её на более высокий и качественный уровень по следующим направлениям:

повышение эксплуатационной надёжности и ресурса эксплуатируемого оборудования ДЭС и распределительных электросетей;

покрытие дефицита мощности и обеспечение надёжного и качественного электроснабжения потребителей;

сокращение общих затрат на производство электроэнергии;

улучшение экологической обстановки в пунктах размещения ДЭС;

сокращение численности персонала;

развитие системы обучения и повышения квалификации и улучшения условий работы персонала.

Для достижений целей должны быть решены следующие задачи:

техническое освидетельствование и паспортизация существующих ДЭС;

строительство новых ДЭС взамен аварийных в помещениях из легко возводимых конструкций, а ДЭС малых мощностей до 500 кВт в контейнерном исполнении;

реконструкция и расширение существующих ДЭС;

техническое перевооружение-замещение изношенного и морально устаревших ДГ на ДГ нового поколения;

реконструкция распределительных электрических сетей;

внедрение нетрадиционных источников электроэнергии (ветроэнергетические установки, малые ГЭС);

унификация дизель-генераторов и комплектующих;

повышение уровня автоматизации;

внедрение системы сервисного обслуживания, приближение её к дизельным станциям (создание сервисных пунктов в бассейнах рек Колымы, Индигирки, Яны, Лены, Анабара, где сохраняется транспортная схема «9 месяцев в году» (по воде и «автозимникам»);

обучение обслуживающего персонала;

создание дистанционной системы управления и другие;

использование местных углеводородных видов топлива («сырая нефть», газ и пр.).

В истории энергетики России такая программа принята впервые, а тематика реализуемых программой задач не имеет аналогов в системе РАО «ЕЭС России» и в Российской Федерации. Программой поставлена задача реализации цели повышения надёжности и качества энергоснабжения потребителей и снижение затратности производства. Намечено инвестировать на реализацию программы 900 млн. рублей, из них только в 2001 – 2003 годах ≈ 540 млн. рублей.

Экономия средств от реализации мероприятий программы, согласно расчету, составит 1000 млн. рублей.

С начала реализации программы освоено капитальных вложений на сумму 526,3 млн. рублей.

Во исполнение принятых задач в ОАО «Сахаэнерго» в 2001 – 2003 гг. активно проводятся следующие работы:

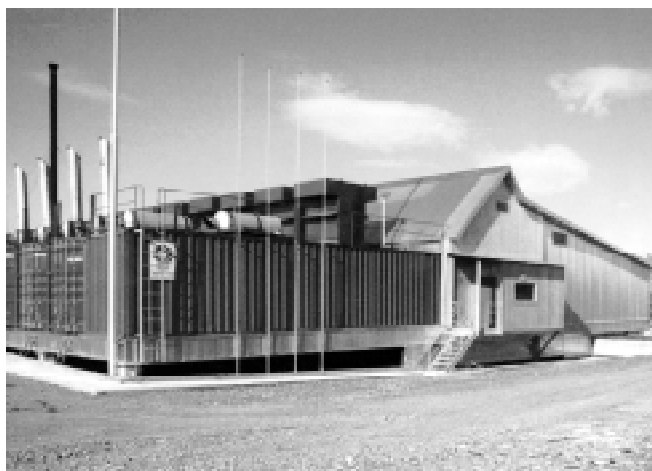
в п. Сылгы-Ытар смонтирована и введена в работу блочно-модульная электростанция мощностью 500 кВт с дизель-генераторами производства фирмы «CUMMINS». Ожидаемое снижение расхода топлива на выработку электроэнергии в 2003 г. — 68 тонн. Закончены работы по реконструкции 2,2 км распределительных сетей поселка с переводом на напряжение 10 кВ и монтажу четырех трансформаторных подстанций;

на Олекминской ДЭС закончены работы по реконструкции трех энерговагонов ПЭ-6 с переводом их на сжигание «сырой нефти» Талаканского месторождения. После получения положительного опыта эксплуатации трех дизель-генераторов на сжигание «сырой нефти» планируется проведение реконструкции остальных дизельных установок Олекминской ДЭС;

на Эльдиканкой ДЭС закончены работы по монтажу восьми модулей производства фирмы «CUMMINS» взамен газотурбинных установок ГТУ-12 с высоким удельным расходом в целях экономии дизельного топлива. Ожидаемое снижение топлива на выработку электроэнергии в 2004 году составит ≈ 3200 тонн;

проведены работы по реконструкции Депутатской ДЭС с установкой 5 дизель-генераторов, 20 – 26 ДГ и 2 дизель-генераторов 15Д100

взамен ГТУ с высоким удельным расходом топлива. Это техническое решение позволило снизить удельные нормы расхода дизельного топлива на выработку электрической энергии на 50% (рис. 2). После реализации программы развития малой энергетики снижение расхода топлива относительно уровня 2001 года составит не менее 13600 т в год или



**Рис. 2.** Эльдиканская ДЭС. Блок-модульная станция с дизель-генераторами фирмы «Cummins».

17% годовой потребности. Проведенная реструктуризация производства позволила сократить численность работающих на 8,5%. Кроме экономического эффекта, существенно повысилась надежность и качество энергоснабжения потребителей. В 2002 г. по Депутатской ДЭС было сэкономлено дизельного топлива на 62 млн. рублей. Снижение расхода топлива на выработку электроэнергии в 2003 г. составило 5400 тонн;

начато строительство блочно-модульной электростанции в поселках Алеко-Кель и Ойусардах с реконструкцией распределительных сетей поселков и переводом на более высокое напряжение — 10 кВ;

ведутся работы по строительству ЛЭП-10 кВ — г. Среднеколымск — с. Налимск — протяженностью 10 км и реконструкция перехода ВЛ-6 кВ через реку Ясачная в пос. Зырянке;

Проводятся работы по реализации мероприятий корпоративной концепции «Малая ДВС-энергетика РАО «ЕЭС России»;

за 2001 – 2003 гг. выполнено 15 работ по статье НИОКР на сумму 35,115 млн. руб.

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОЕКТА ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗАКОНА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ «О НЕТРАДИЦИОННЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ»

*Одним из важнейших условий успеха в малой и возобновляемой энергетике является наличие законодательной базы. В последние годы было разработано несколько вариантов закона о малой и возобновляемой энергетике в России. Ниже приводятся основные положения, наиболее разработанного из них, находящиеся в настоящее время на стадии обсуждения и согласования в регионах и органов законодательной власти.*

#### Общие положения

Целью данного Закона является установление правовых, организационных, экономических и финансовых основ и механизмов регулирования отношений между государством, производителями и потребителями оборудования и установок использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ).

Настоящий Закон регулирует отношения, возникающие в связи с изучением и использованием этих источников энергии для создания благоприятных предпосылок приоритетного использования НВИЭ в интересах улучшения социального положения населения, охраны окружающей природной среды и экономики невозобновляемых источников энергии.

Настоящий Закон распространяется на все виды деятельности в сфере использования НВИЭ, в том числе управление развитием, проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и строительных работ, производство и эксплуатация оборудования и установок, ремонт и сервисное обслуживание, подготовка и обучение специалистов, информационное обеспечение и коммерческая деятельность.

Объектом действия Закона являются юридические и физические лица, осуществляющие деятельность в области использования НВИЭ.

Законодательство Российской Федерации НВИЭ основывается на Конституции РФ и включает настоящий Закон, Закон РФ «О недрах», Закон РФ «Об энергосбережении» и принимаемые в соответствии с ними другие федеральные законы и иные нормативные правовые акты, а также законы и иные нормативные правовые акты субъектов РФ.

Реализация данного Закона приведет к следующим социально-экономическим и экологическим последствиям:

ускорению развития производства и организации рынка оборудования и установок использования НВИЭ;

обеспечению устойчивого тепло- и электроснабжения предприятий и населения;

созданию в отдаленных районах страны автономных энергосистем с максимальным использованием местных возобновляемых энергоресурсов;

созданию энергоисточников в дефицитных энергосистемах централизованного энергоснабжения для обеспечения гарантированного минимума энергоснабжения населения и производства;

замещению традиционных органических видов топлива и сокращению завоза жидкого топлива в труднодоступные регионы;

сохранению и улучшению показателей экологии территории России, снижению вредных выбросов в атмосферу, почву и воду.

К НВИЭ относятся: энергия солнца, ветра, водных потоков (гидростанции мощностью до 30 МВт и агрегаты мощностью до 5 МВт); волновая энергия водоемов, рек, морей и океанов; средне- и высокопотенциальная геотермальная энергия; биомасса, включающая как специально выращиваемые растения и деревья, так и отходы лесозаготовки и деревообработки, целлюлезно-бумажной промышленности, сельского хозяйства и обрабатывающей сельскохозяйственной промышленности, отходы животноводства, кормопроизводства, твердые и жидкие бытовые отходы, а также торф в объемах годовичного прироста; низкопотенциальная энергия земли, воздуха и воды, промышленных и бытовых стоков.

Приоритетными районами, где уже в настоящее время экономически целесообразно использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии, являются:

зоны децентрализованного энергоснабжения, где из-за низкой плотности населения сооружение традиционных электростанций и высоковольтных линий электропередач экономически невыгодно и практически не осуществимо в ближайшее десятилетие (Крайний Север, Сибирь, Дальний Восток, Якутия, Бурятия, Алтай, часть Центральной России);

зоны централизованного энергоснабжения, где из-за неудовлетворительного состояния



сетей, либо дефицита мощности или энергии возникают частые отключения потребителей, что приводит к значительным потерям в животноводстве, птицеводстве, производстве молока и других продуктов питания;

города и места массового отдыха населения, где возникла сложная экологическая обстановка из-за вредных выбросов в атмосферу промышленных и городских котельных на органическом топливе;

районы страны, где существует проблема отопления и горячего водоснабжения индивидуального жилья, мест сезонной работы и отдыха, садово-огородных домов.

Во всех указанных выше случаях нетрадиционные возобновляемые источники энергии в различных сочетаниях между отдельными видами и традиционными источниками могут в значительной степени решить проблему надежного энергоснабжения.

Ископаемые ресурсы НВИЭ (средне- и высокопотенциальные геотермальные источники, торф) и гидроэнергетические ресурсы НВИЭ (малые реки) на территории Российской Федерации являются собственностью государства. Вопросы владения, пользования и распоряжения ископаемыми ресурсами НВИЭ и гидроэнергетическими ресурсами, реализуемыми малыми и микрогидростанциями, находятся в совместном ведении РФ и субъектов РФ. Участки с ископаемыми и гидроэнергетическими ресурсами не могут быть предметом купли-продажи, дарения, наследования, вклада, залога или отчуждаться в иной форме. Права пользования этими участками могут отчуждаться или переходить от одного лица к другому в той мере, в какой их оборот допускается федеральными законами.

Участки земли, обладающие другими ресурсами НВИЭ, могут быть предметом аренды, купли-продажи, дарения, наследования и т.п.

### ***Государственное регулирование деятельности в сфере использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии***

Учитывая важное значение использования НВИЭ для удовлетворения актуальных потребностей населения и народного хозяйства, укрепления энергетической базы России и снижения техногенной нагрузки топливно-энергетического комплекса на окружающую среду, а также для реализации передовых российских технологий и их продвижения на мировой рынок, развитие использования НВИЭ возводится в ранг государственной политики.

Основными принципами государственной политики являются:

государственное управление развитием использования НВИЭ;

установление государственных целей по вводимой мощности или объему замещения органического топлива за счет использования НВИЭ;

учреждение (возложение обязанностей на существующие органы управления) Федерального и региональных органов по управлению использованием НВИЭ;

разработка и реализация федеральных и региональных программ по сооружению объектов НВИЭ и проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;

государственная поддержка, экономическая и организационная, государственным, кооперативным и частным предприятиям в разработке оборудования и установок, создании производственной базы, сооружении объектов и их эксплуатации;

финансирование, полное или частичное, программ проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также комплексных исследований на федеральном, региональном и местном уровнях;

ориентировка на конверсию предприятий оборонной промышленности как на базу промышленного производства оборудования и установок НВИЭ;

поощрение создания товариществ, акционерных обществ, малых и совместных предприятий, в том числе с участием частного капитала, отечественного и зарубежного, для разработки оборудования, сооружения и эксплуатации объектов НВИЭ;

организация и повышение уровня подготовки специалистов в области научных исследований, разработки, производства и использования оборудования и установок НВИЭ;

приоритетное государственное материально-техническое обеспечение и финансовая поддержка ВУЗам, НИИ и проектным организациям, осуществляющим подготовку кадров в данном направлении;

создание информационной системы по использованию НВИЭ, включая данные по оборудованию, его изготовителям и эксплуатируемым объектам.

Основными задачами государственного регулирования отношений использования НВИЭ являются:

разработка правовых, организационных и экономических механизмов, стимулирующих

развитие использования НВИЭ, и создание нормативно-технической документации;

управление использованием НВИЭ через уполномоченные федеральные и региональные органы исполнительной власти;

развитие существующей материально-производственной базы использования НВИЭ;

развитие и организация новых производственных предприятий, научно-исследовательских учреждений и испытательно-сертификационных центров;

разграничение компетенции между федеральными и региональными органами власти в сфере развития использования и собственности на объекты НВИЭ;

проведение государственной экспертизы проектов и программ развития использования НВИЭ;

организация и ведение статистической отчетности об использовании оборудования и установок НВИЭ, об объемах производства энергии от НВИЭ;

образование экологически чистых зон в местах массового отдыха и лечения населения и демонстрационных зон использования НВИЭ;

организация системы лицензирования пользования участками, обладающими ресурсами НВИЭ;

организация стандартизации и сертификации в сфере использования НВИЭ;

организация отечественного рынка оборудования и установок НВИЭ и обеспечение конкурентоспособности России на мировом рынке;

организация или участие в организации необходимых форм и структур хозяйственной деятельности, в том числе и международной (федеральный и международные фонды, совместные предприятия, маркетинговые и информационные службы);

обеспечение международного научно-технического сотрудничества, участие в международных программах развития использования НВИЭ.

Федеральный орган управления использованием НВИЭ организует контроль, статистический учет и надзор за работой установок, использующих НВИЭ.

***Экономические и организационно-правовые механизмы стимулирования использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии***

Энергия в полезных ее формах, вырабатываемая с использованием НВИЭ, признается

собственностью производителя. Субъектами права собственности в сфере использования НВИЭ могут быть граждане РФ, юридические и физические лица, а также иностранные граждане, если федеральными законами не установлены ограничения предоставления прав собственности на природные энергоресурсы.

Финансирование программ использования НВИЭ должно осуществляться за счет средств федерального и региональных бюджетов, кредитов отечественных и зарубежных инвесторов, заинтересованных организаций и частных лиц.

При выделении средств из государственного бюджета в рамках федеральной адресной инвестиционной программы на соответствующий год не менее пяти процентов государственных инвестиций в топливно-энергетический комплекс РФ должно направляться на финансирование программ использования НВИЭ и проектов создания установок по использованию НВИЭ.

Устанавливается право производителям электрической и тепловой энергии, вырабатываемой с использованием НВИЭ, не входящим в региональные энергоснабжающие организации, осуществлять ее подачу в электрические и тепловые сети указанных организаций на условиях, которые определены Федеральным Законом «Об энергосбережении».

Работы, связанные с использованием НВИЭ, объявляются природоохранной и энергосберегающей деятельностью. На эти работы распространяются соответствующие методы и механизмы стимулирования.

Предприятия, осуществляющие проекты и программы развития производства и использования оборудования и установок НВИЭ имеют права на государственную финансовую поддержку по следующим направлениям:

установление льготных кредитов и налоговых льгот производителям и прямым дотаций потребителям оборудования и установок использования НВИЭ;

снижение или отмена таможенных пошлин на импорт и экспорт оборудования, установок и комплектующих изделий НВИЭ;

предоставление отсрочки в выплате налогов до истечения первого года эксплуатации установки;

установление ускоренной амортизации оборудования и установок НВИЭ.

### КОНСТАНТИН ИЛЬКОВСКИЙ. ВЫСКАЗЫВАНИЯ, МЫСЛИ, РАЗДУМЬЯ...

С КОММЕНТАРИЯМИ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

*Книга истории народов и государств пишется живыми людьми. Они обеспечивают индустриальную и экономическую мощь, защищают Родину, варят металл, сеют хлеб...*

*От их энергии, квалификации, упорства зависят успехи в развитии экономики, благополучие городов и сел, качество жизни человека и сохранность природы.*

*Очень важно отдавать должное самоотверженному труду этих людей и хотя бы изредка вспоминать о тех, кто стоит за большими государственными делами.*

*Именно этой цели посвящена настоящая рубрика.*

*Сегодня мы представляем Вам **Константина Константиновича Ильковского** — Генерального Директора ОАО «Якутэнерго». Он делится с читателем своими мыслями и соображениями о малой энергетике Республики Саха (Якутия).*

*«Логикой государственного человека сегодня может быть только логика бизнеса. Развитие мощностей только там, где это эффективно. Вот, к примеру, Эльдиканская дизельная электростанция, которую в прошлом году мы запустили в Усть-Майском улусе. Там есть устойчивый уровень потребления: золотопромышленники, сельхозпроизводители. Мы их объем потребления знаем и можем прогнозировать, но производство электроэнергии там было и будет убыточным.*

*Одно дело — убыточность, когда удельный расход дизельного топлива 500 граммов, а другое дело — 210 граммов на киловатт/час выработки! Разница есть, и она ощутима для всех. Что мы делаем? Конечно, отказываемся от старой плавучей Эльдиканской станции, консервируем ее. Покупаем зарубежную установку, у которой расход именно 210 граммов, и запускаем ее на благо целого улуса. Это и есть логика развития энергосистемы, исходящая из сегодняшних экономических требований.*

*Плавучая ДЭС в Эльдикане — старая, убыточная — была когда-то очень даже нужна и эффективна. В иные времена она была прославлена на всю страну как флагман и гордость якутской энергетики. Просто надо помнить, что лет двадцать-тридцать назад золотодобывающая промышленность развивалась невиданными темпами. Энергетика в те годы просто не поспевала за потребностями ГОКов и артелей. И тогда государство приняло совершенно логичное решение — обеспечить горнодобывающие мощности*

*любой ценой. В результате устанавливались неэффективные энергоустановки, которые, однако, быстро монтировались. Со временем эта логика ушла, и теперь главную роль играет цена, доступная для существующего в настоящее время производства.*

*Для нас такого рода проекты, как Эльдиканская ДЭС, — великолепный бизнес, потому что мы успеваем неплохо заработать на тарифной разнице. Срок окупаемости новых дизельных станций, при гарантированном спросе и фиксированном тарифе, таков, что я как-то сравнил этот бизнес с торговлей наркотиками. Но в газете потом это сравнение перевели на вино-водочный бизнес. На самом деле нельзя ни с чем сравнить, потому что в выигрыше остаются все участники этого процесса, и в особенности — территория».*

*Внимательный взгляд на карту современной России дает очевидный ответ на вечный вопрос: по какому же пути нам следует развиваться? Если учесть, что более 70% территории Российской Федерации лежит севернее Тюмени и восточнее Омска, то нам одна дорога — на северо-восток. Со всеми, так сказать, вытекающими климатическими и экономическими особенностями.*

*Осенью 2003 года на рабочий стол генерального директора акционерной компании «Якутскэнерго» легли первые страницы проекта «Северо-Восточный энергетический холдинг». На бледной контурной карте от Байкала до Берингова пролива протянулась огромная и неведомая многим страна, покрытая преимущественно снегом.*

И на этом белом пространстве угадывались только несколько опорных точек: Тура, Якутск, Магадан, Палана, Анадырь...

*«...Наш проект — не механическое объединение нескольких энергосистем под одну крышу. Мы рассматриваем территорию от Эвенкии до Чукотки как «единую» энергосистему, именно в кавычках, поскольку даже в пределах прямой компетенции АК «Якутскэнерго» реальное физическое объединение пока что невозможно. Что нас действительно объединяет — так это чудовищная раздробленность коммуникаций, низкая эффективность дизельной энергетики и огромная социальная ответственность перед людьми, живущими в северных поселках и городах. Со всем многообразием проблем, сопутствующих этому».*

*«...Вторая смысловая точка, объединяющая энергосистемы Северо-Востока, это значительное, подавляющее и определяющее участие бюджетов — федерального, республиканского, муниципального — во всех бизнеспроцессах. Соединяя эти ключевые позиции и учитывая немалый опыт якутских энергетиков, накопленный за последние два-три года, мы утверждаем, что создание Северо-Восточного энергохолдинга целесообразно по экономическим параметрам, выгодно по соображениям единой технологии и оптимально — если всерьез говорить о снижении затрат на ремонт и обслуживание дизельных станций. Только техническая унификация в наших условиях может дать ощутимый экономический эффект, а если удастся построить единую кадровую политику, согласованный подход к тарифообразованию, то это, я уверен, поможет сделать «малую» энергетику эффективной, и, как следствие, снизить затраты на ее содержание со стороны бюджетов всех уровней».*

Ильковский пришел в РАО «ЕЭС России» из горнорудной отрасли, по первому образованию — геолог. Тогда, в 2000 году, он с азартом окунулся в «большую» энергетику и вдруг убедился, что даже самые «продвинутые» менеджеры и руководители целых энергосистем вообще не имели представления о том, как работает и развивается эта отрасль в других странах.

*«...в середине 2000 года, когда меня утвердили генеральным директором АК «Якутскэнерго», появились первые очертания кон-*

*цепции реформирования РАО «ЕЭС России». К концу того же 2000 года эта концепция окончательно оформилась, и было принято совершенно логичное решение отказаться от непрофильного бизнеса. Для меня это было яснее ясного, потому что, поработав в горнодобывающей промышленности, я прошел все, чем сегодня занимается менеджмент РАО ЕЭС, еще в 1992 – 93 годах. И дело состояло не только в продаже «непрофилей», вывода из капитала всех этих свиначников и общепита. Программа снижения издержек и экономии энергии в горной отрасли давно реализована и не обсуждается! Там рыночная психология изначально заложена в каждом управленческом решении уже потому, что цены на олово или на медь устанавливает общемировое сообщество, реальный рынок спроса и предложения.*

*В энергетике очень долго была иная, затратная психология. Надо отдать должное, такой консервативный подход позволил российской энергетике тогда, во время экономической смуты в начале 90-х, структурно сохраниться, избежать глобального обрушения. Так вот, когда я стал заниматься реформированием компании «Якутскэнерго», кто у меня были главными противниками? Директора филиалов! «Как это так, у нас не будет столовой!?» Для них все происходящее было дико».*

Чтобы разрядить обстановку, несколько групп из аппарата управления АК «Якутскэнерго» осенью 2000 года отправили за рубеж знакомиться с принципами функционирования энергетики. Там российские спецы увидели своими глазами, как из киловатта тщательно удаляется каждый технологически необоснованный пфеннинг или цент! Просто потому, что жестокая конкуренция на оптовом рынке требует снижения себестоимости.

*«...Мои тогдашние противники, кадровые энергетики, вернулись другими людьми. Директор Нерюнгринской ГРЭС, на которой работает свыше двух тысяч человек, приехал из Германии, где он увидел электростанцию, в два раза большую, но с персоналом всего... в двести человек! И все, никто больше не задавал вопросов, меня завалили предложениями и бизнес-планами оптимизации. Но тогда же, той зимой, главным тормозом децентрализации компании стал я сам...»*

Зимой 2001 года в РАО ЕЭС случился сбой: в январе замерзли города Приморья, в фев-

рале сгорела дизельная станция в поселке Депутатский, центре богатейшего оловорудного района на севере Якутии. И если в Приморье жители Артема и Партизанска перекрывали железную дорогу, то в Депутатском в течение месяца люди молча выживали без света, тепла и воды, под треск 50-градусных морозов.

В июне 2001 года Председатель Правления РАО «ЕЭС России» А.Б. Чубайс прибыл в Якутию. В течение недели он знакомился с объектами «малой» энергетики, доставившей ему такие большие проблемы. Сопровождал высокого гостя молодой, всего лишь год в ранге руководителя энергосистемы республики, Константин Ильковский.

Итогом недельного барражирования над тундрой летом 2001 года стала встреча с тогдашним Президентом Республики Саха Михаилом Николаевым, а также поручение Ильковскому: разработать программу развития «малой» энергетики на период до 2005 года. Непосредственным разработчиком и исполнителем этой программы стала акционерная компания «Сахаэнерго», руководит которой, единомышленник и надежный соратник Ильковского, Николай Макарович Парников. Они вместе даже выпустили учебник по обслуживанию дизельных электростанций.

В 2003 году практически вся «малая» энергетика и распределительные сети в Якутии объединились в единый хозяйственный комплекс. Но Константин Ильковский уже заглядывает дальше — в планах 2004 года создание сервисного центра в Якутске. Идея объединить схожие по технологическим особенно-

стям эксплуатации энергосистемы соседних по региону территорий возникла сама собой.

*« ... Мы понимаем, что для многих сторонних наблюдателей, а тем более для непосредственных субъектов РФ, обозначенных на карте Северо-Восточного энергохолдинга, проект представляется слишком неоднозначным, возможно, на первый взгляд, чересчур радикальным. Кому-то покажется, что мы даже замахиваемся на существующую структуру административного устройства России. Я спокойно отнесусь к любой, даже самой придирчивой критике нашего проекта. Мы заинтересованы в дискуссии.*

*Однако могу сказать, что предварительные обсуждения данного проекта не встретили явного неприятия ни здесь, ни в Москве, ни у Полномочного Представителя Президента Константина Пуликовского, который с большим вниманием принял наш проект для изучения.*

*И в аппарате РАО «ЕЭС России» также с интересом встретили наши предложения, и в Совете Федерации. Все понимают, что Северо-Восточный холдинг нами разрабатывается не для утоления каких-то амбиций, а для дела. Мы, например, совершенно не задумываемся над такими пустыми вопросами, как расположение центра холдинга в Якутске или Москве, Магадане или Хабаровске. Мы хотели бы рассуждать в другой плоскости: если для всех будет экономическая выгода, то почему бы нам не объединить наши усилия?!»*














г. Якутск, февраль 2004 г.

*Примерный перечень российских выставок, конференций  
(конец 2004 г. — 1-е полугодие 2005 г.)*

<b>ВладЭкоТех – 2004</b> 10-я специализированная выставка-ярмарка в области экологии	г. Владивосток	16.11 – 19.11.2004
<b>СЕВТЭК – 2004</b> Специализированная выставка предприятий ТЭК	г. Мурманск	17.11 – 19.11.2004
<b>Ресурсосбережение и экология - 2004</b> VII Межрегиональная специализированная выставка	г. Пенза	23.11 – 25.11.2004
<b>Нефть. Газ. Химия – 2004</b> 6-я международная выставка технологий и оборудования для нефтяной, газовой и химической промышленности	г. Пермь	23.11 – 26.11.2004
<b>Электротехника. Энерго- и ресурсосбережение - 2004</b> Выставка электротехнической продукции и электробытовых изделий; оборудования и ресурсосберегающих технологий.	г. Красноярск	23.11 – 26.11.2004
<b>Всероссийское совещание руководителей предприятий металлургического и нефтегазового комплексов</b> <b>Всероссийский нефтегазовый форум</b>	г. Москва	26.11.2004
<b>Энегоресурсосбережение и экология - 2004</b> Специализированная выставка	г. Тула	01.12 – 03.12.2004
<b>Энергетика. Ресурсосбережение - 2004</b> 6-я Специализированная выставка	г. Казань	01.12 – 03.12.2004
<b>Первый Международный Форум “Энергия будущего”</b> Международная конференция и выставка	г. Москва, Президиум РАН, Ленинский пр-т, 32	15.12 – 17.12.2004
<b>Энергетика в промышленности и ЖКХ. Энегоресурсосбережение. Экология</b> 8-я международная специализированная выставка энергетического оборудования и технологий, энергосберегающих, природоохранных технологий и оборудования	г. Ростов-на Дону, пр. М Нагибина 30. ВертолЭкспо	9.02 – 11.02 2005
<b>Энергетика и электротехника</b> 12-я международная специализированная выставка. Энергетическое оборудование, технологии. Электрические машины, приборы и аппараты. (Совместно с ОАО «Ленэкспо»)	г. Санкт-Петербург, Большой проспект ВО, д. 103, ВК Ленэкспо в Гавани	17.05 – 20.05 2005

## Симпозиумы, конференции, семинары, выставки

*Примерный перечень зарубежных выставок, конгрессов, форумов, конференций  
(1-е полугодие 2005 г.)*

	<b>CLEAN ENERGY POWER</b> - Выставка и конгресс по возобновляемым источникам энергии, эффективности и мобильности	Германия	26.01.05 - 27.01.05
	<b>POWER-GEN INDIA &amp; CENTRAL ASIA</b> - Энергетическая выставка и конференция Индии и центральной Азии	Индия	01.02.05 - 03.02.05
	<b>GENERA International Energy and Environment Trade Fair</b> - Выставка по энергетике и экологии	Испания	23.02.05 - 25.02.05
	<b>erneuerbare energien</b> – Международная выставка и конгресс по возобновляемой энергетике и эффективному энергопотреблению.	Германия	25.02.05 - 27.02.05
	<b>POWER-GEN Renewable Energy</b> - Выставка по возобновляемым источникам энергии	США	01.03.05 - 03.03.05
	<b>ECOMED / POLLUTEC</b> - Выставка - Международный энергетический форум	Испания	08.03.05 - 11.03.05
	9-я международная конференция по альтернативной энергетике, энергосбережению и экологии	Египет	13.03.05 - 19.03.05
	<b>E-world energy &amp; water</b> – Выставка и конгресс.	Германия	15.03.05 - 17.03.05
	<b>Energy / HANNOVER MESSE</b> - Энергетическое подразделение Ганноверской ярмарки – ведущая выставка по технологиям, возобновляемым источникам и управлению	Германия	11.04.05 - 15.04.05
	<b>Power Generation World Africa 2005</b> - Энергетическая конференция и выставка	ЮАР	18.04.05 - 22.04.05
	<b>World Geothermal Congress -2005</b> - Всемирный геотермальный конгресс	Турция	24.04.05 - 29.04.05
	<b>World Renewable Energy Congress (WREC)</b> - Всемирный конгресс по возобновляемой энергетике.	Англия	22.05.05 - 27.05.05
	<b>28th IAEE International Conference: Globalization of Energy: Markets, Technology, and Sustainability</b> - Международная конференция: Глобализация энергетике – рынки, технологии, развитие.	Тайвань	03.06.05 - 06.06.05
	<b>ASME TURBO EXPO - Land, Sea &amp; Air</b> - Выставка и конгресс по газовым турбинам и авиадвигателям	США	06.06.05 - 09.06.05

НПЦ малой энергетики ОАО «НИИЭС» предлагает Вам принять участие в регулярном семинаре, посвященном **проблемам и перспективам развития малой энергетики в России.**



В связи с ратификацией Россией Киотского протокола, а также с рассмотрением и подготовкой к принятию Федерального закона «О малой энергетике» особое значение приобретает расширение знаний о современных проблемах и перспективах развития малой энергетики в РФ.

*Настоящий семинар ставит своей целью углубление представлений слушателей о современных «чистых» технологиях выработки электроэнергии ветроэлектростанциями, малыми ГЭС, современными дизельными станциями, об энергосберегающих технологиях в области малой энергетики, а также о путях и возможностях их реализации на территории РФ.*

Семинар проводит НПЦ малой энергетики ОАО «НИИЭС» совместно с ОАО «Янтарьэнерго» и Калининградским государственным техническим университетом в живописном курортном месте балтийского побережья в г. Светлогорске Калининградской области на базе пансионата ОАО «Янтарьэнерго». К проведению семинара привлечены ведущие специалисты в области малой энергетики РФ. Основное время обучения посвящено изучению современных проблем и перспектив развития ветроэнергетики в РФ на базе действующей ветроэлектростанции в пос. Куликово. Рассматриваются также перспективы развития малых гидроэлектростанций и дизельных электростанций. Продолжительность обучения — 7 дней.

После завершения обучения слушатели получают документ о повышении квалификации государственного образца.

Стоимость обучения одного участника включает оплату за лекционные и практические занятия, учебно-методическую литературу, проживание в пансионате, 3-х разовое питание, оздоровительные процедуры и культурную программу.

Для участия в семинаре необходимо направить заявку по факсу (095) 497-40-00 или e-mail: [smallenergy@bk-net.ru](mailto:smallenergy@bk-net.ru)

Дополнительную информацию можно получить по телефону (095) 492-71-21, 497-40-00.

Контактное лицо — **Варигина Лариса Владимировна.**