

Строительство жилья само по себе тоже является достаточно выгодным видом деятельности. Вместе с тем здесь следует предусмотреть возможность возникновения дополнительных затрат, связанных с усилением контроля государства за расходованием денежных средств, увеличением объема проверок, согласований и отчетности при расходовании средств из государственного бюджета и внебюджетных фондов.

Строительство жилья на селе, связанное с формированием цены с пониженным уровнем рентабельности, может рассматриваться коммерческой фирмой лишь в отдельные, тяжелые периоды времени, при отсутствии других заказов для поддержания уровня загрузки предприятия и обеспечения ее существования на уровне безубыточности. Заработать коммерческую прибыль на таких объектах практически невозможно, поэтому коммерческие фирмы стараются воздерживаться от заключения подобных договоров.

Особенности формирования договорной цены, проведения тендеров по выбору подрядных организаций, поставщиков материалов, изделий и конструкций также связаны с дополнительными расходами для коммерческой организа-

ции. Возможность получения прибыли на таких объектах во многом зависит от корректности определения статистических индексов изменения цен на строительную продукцию, что также вносит элемент неопределенности и увеличивает степень риска получения прибыли.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Методические** указания по определению стоимости строительства предприятий, зданий и сооружений и составлению сметной документации с применением ресурсно-сметных норм (РДС 8.01.105–03): утв. приказом Минстройархитектуры Респ. Беларусь от 29.04.2003 № 91: текст по состоянию на 1 июня 2006 г. – Минск: ЗАО «Стройэконом», 2004. – 131 с.

2. **О порядке** включения в акты приемки выполненных работ налогов и отчислений: письмо Минстройархитектуры от 31 янв. 2006 г. № 04-1-16/1881: текст по состоянию на 1 июня 2006 г. // Информационный бюллетень Минстройархитектуры Респ. Беларусь. – 2006. – № 4. – 131 с.

3. **Средневзвешенные** цены и индексы материалов-представителей: сб. индексов изменения стоимости, цен и тарифов в строительстве по регионам и в среднем по Республике Беларусь. – Минск: АП РНТЦ, 2006. – Вып. 4, кн. 2. – 126 с.

Поступила 27.07.2006

УДК 620.9:621.31

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ

*Асп. МИ ЦЗЯНЬ ФЭН*

*Белорусский национальный технический университет*

В настоящее время во многих странах мира ветроэнергетика стала отраслью электроэнергетики, вносящей заметный вклад в общее производство электроэнергии [1]. В условиях нарастающего дефицита традиционных энергоресурсов и повышения цен на них многие страны, не располагающие достаточными запасами энергоресурсов, все больше средств вкладывают

в развитие указанной отрасли. В табл. 1 приведены данные по развитию ветроэнергетики в ряде стран.

Из табл. 1 видно, что удельный вес установленной мощности ветроэлектростанций в общей установленной мощности энергосистемы достигает 15 % в Испании и 10 % в Германии (по данным на конец 2005 г.). Германия являет-

ся мировым лидером по величине суммарной установленной мощности ветроэнергоустановок (ВЭУ), однако в Испании ввод новых мощностей осуществляется более высокими темпами. По выработке электроэнергии удельный вес ветроэлектростанций упомянутых стран значительно меньше и составляет соответственно 10 и 7 %, что адекватно числу часов использования установленной мощности, равному примерно 2000 ч. Это обуславливается тем, что номинальная мощность рассчитана на определенные ветровые условия, например 12 м/с для немецких ветроустановок, в то время как среднегодовая фактическая скорость ветра примерно в два раза меньше, а рабочая мощность ветрогенератора снижается пропорционально третьей степени снижения этой скорости [2]. Таким образом, при средней скорости ветра, равной 6 м/с, характерной для выявленных в Беларуси 1840 площадок для размещения ВЭУ, рабочая мощность будет примерно в восемь раз меньше номинальной. Разумеется, скорость ветра дифференцируется по регионам страны.

Таблица 1

Страна	Установленная мощность ветроэнергетических установок, МВт				
	1998 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.
Германия	2874	12001	14609	16629	18428
Испания	834	4830	6202	8263	10027
США	1890	4683	6370	6740	9149
Дания	1400	2880	3110	3117	3122
Индия	968	1628	2110	2985	4430
Италия	180	785	904	1265	1717
Нидерланды	364	688	908	1078	1219
Япония	136	460	506	896	1231
Великобритания	331	552	648	907	1353
Китай	216	468	565	763	1266

Предыдущий период развития ветроэнергетики характеризуется увеличением единичных мощностей ветроагрегатов. Если единичная мощность первых ветроустановок составляла несколько десятков киловатт, то в настоящее время сооружаются ветрогенераторы с единичной мощностью в несколько мегаватт. Ветроэнергоустановки, размещенные на одной площадке, образуют ветровую электростанцию. Самые крупные агрегаты планируется разме-

щать в мелководных акваториях вблизи Европейского, Азиатского и Американского континентов.

Экономическая эффективность ветроэнергоустановки зависит от ее стоимости, скорости ветра и стоимости электроэнергии, которую замещает данная ВЭУ [3]. В свою очередь, стоимость электроэнергии, получаемой потребителями от энергосистемы, зависит от стоимости топлива, сжигаемого на тепловых электростанциях.

Строительство ветроэнергоустановки может осуществляться энергосистемой (энергетической компанией), и тогда она будет являться частью этой энергосистемы, работая параллельно с другими источниками энергии и выдавая свою электроэнергию в электрическую сеть, где она в обезличенной форме распределится между потребителями.

Строительство ветроэнергоустановки может осуществляться независимым от энергосистемы производителем электроэнергии (например, юридическим лицом – предприятием или частным лицом). В этом случае предприятие, которому принадлежит эта энергоустановка, потребляет электроэнергию, вырабатываемую ВЭУ, и оплачивает ее по себестоимости производства, а избыточную электроэнергию может продавать другим потребителям или в энергосистему. Тогда возникает проблема ценообразования на эту энергию.

Для энергосистемы ввод ветроэнергоустановки следует рассматривать как энергосберегающее мероприятие [3]. Вследствие непостоянства ветровых потоков энергосистема вряд ли будет учитывать ВЭУ в балансе электрических мощностей энергосистемы, и поэтому эффект, обусловленный вводом дополнительной электрической мощности, учитывать не следует. Экономия от сооружения данной станции будет определяться экономией топлива на действующих электростанциях энергосистемы, выработку электроэнергии на которых заместит ветроэнергоустановка.

Оценим возможную экономическую эффективность сооружения такой установки на примере Белорусской энергосистемы. Важное значение при этом имеет правильное определение экономии топлива в натуральном и денежном измерениях. Можно предположить, что ВЭУ, подключенная к сети энергосистемы и выда-

ваемая в нее мощность, будет замещать в каждый момент времени выработку электроэнергии на электростанции, замыкающей баланс электрической мощности энергосистемы. Для Белорусской энергосистемы в период пиковой электрической нагрузки замещаться будут конденсационные мощности ТЭЦ, удельный расход топлива на которых составляет около 400 г у. т./кВт·ч и выше. В период полупиковых электрических нагрузок замещаться будут мощности Березовской и Лукомльской ГРЭС, удельные расходы топлива на которых равны соответственно 370 и 320 г у. т./кВт·ч). Следует учитывать не удельные расходы, а удельные приросты, но для упрощения анализа принимаем их примерно одинаковыми. Наконец, в ночное время, когда в покрытии нагрузки участвуют в основном теплофикационные мощности ТЭЦ и вынужденные мощности КЭС, что характерно для зимних суток, для обеспечения выдачи электроэнергии от ветроэнергоустановок потребуются разгрузка турбоагрегатов ТЭЦ по теплоте и передача ее отпуска на котлы. При этом снижается выработка электроэнергии по теплофикационному циклу, а эту электроэнергию замещает энергия ветроэнергоустановки. В летнее время, когда теплофикационная электрическая мощность незначительна, ВЭУ будет замещать выработку электроэнергии на КЭС. Однако возможность такого замещения должна быть осуществима с точки зрения технологических ограничений по режиму работы энергосистемы.

Таким образом, для оценки экономической эффективности сооружения в энергосистеме ветроэнергоустановок или ветровых электростанций необходимо тщательно проанализировать режим работы энергосистемы с выявлением почасовой экономии топлива в течение суток в связи с использованием ветроэнергоустановки. Анализ следует выполнить для всего годового периода с целью объективного определения экономии топлива. Данная задача усложняется необходимостью учета неопределенности в отношении ветровых условий, от которых зависит фактический энергопотенциал ветроэнергоустановки. Поэтому на стадии технико-экономического обоснования необходимы упрощения в подходе к ее решению.

Методологию оценки эффективности рассмотрим на примере условной ветровой энер-

гоустановки мощностью 1000 кВт с удельной стоимостью 1000 дол./кВт. Предположим, что номинальная скорость ветра равна 12 м/с, а среднегодовая фактическая – 6,5 м/с. Тогда среднегодовая рабочая мощность составит  $1000 \cdot (6,5 : 12)^3 = 157$  кВт. Годовая выработка электроэнергии будет равна  $157 \cdot 8760 = 1375320$  кВт·ч. Срок службы ветроэнергоустановки примем равным 25 годам, норму амортизации – 4 % и годовые эксплуатационные расходы по обслуживанию – 1 % стоимости установки. Тогда годовые эксплуатационные расходы по ветроэнергоустановке будут равны  $(0,04 + 0,01) \cdot 10^6 = 50000$  дол. Для определения экономии топлива примем удельный расход топлива, равным 0,32 кг у. т./кВт·ч, а Лукомльскую ГРЭС – в качестве замыкающей электростанции. С 2007 г. цена на природный газ, используемый для производства электроэнергии на электростанциях Беларуси, повышается, и в ближайшей перспективе она может оказаться равной 200 дол./т у. т. = 20 центов/кг у. т. С учетом данной цены рассчитаем денежное выражение экономии топлива:  $20 \cdot 0,32 \times 1375320 \cdot 10^{-2} = 88000$  (дол.). Годовой эффект получается равным  $88000 - 50000 = 38000$  (дол.). Срок окупаемости выделенных инвестиций составит  $1000000 : 38000 = 26,3$  года. Это достаточно большой срок. Если принять среднегодовую скорость ветра ниже расчетной, то эффективность ВЭУ окажется еще меньше.

Выражение для срока окупаемости может быть в общем виде представлено как

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_y}{c_T b_y (v_p / v_n)^3 T_{\text{год}} + (p_{\text{ам}} + p_{\text{об}}) K_y},$$

где  $k_y$  – удельная стоимость ВЭУ;  $c_T$  – цена топлива в энергосистеме;  $b_y$  – удельный расход топлива в энергосистеме;  $v_p, v_n$  – рабочая среднегодовая и номинальная скорости ветра;  $T_{\text{год}}$  – продолжительность времени работы ВЭУ в течение года (обычно это 8и обслуживание);  $p_{\text{ам}}, p_{\text{об}}$  – коэффициенты отчисления за вычетом времени вывода в ремонт слений на амортизацию и обслуживание.

Обосновывая экономическую эффективность сооружения ветроэнергоустановок, необходимо учитывать режимные особенности работы энергосистемы. В этой связи следует при-

нимать во внимание проблему прохождения минимума электрической нагрузки энергосистемы, особенно в зимнее время года, когда теплофикационная и вынужденная теплофикационная мощности оказываются соизмеримыми и даже превышают величину ночной электрической нагрузки. Для обеспечения устойчивости режима в это время суток энергосистема вынуждена останавливать конденсационные агрегаты, что связано с дополнительными затратами, и разгружать отборы турбин, переводя тепловую нагрузку на энергетические котлы через редуционно-охладительные установки. Можно предположить, что энергосистеме окажется предпочтительнее ограничивать получение электроэнергии от ВЭУ, чем создавать себе проблемы с ведением режима в ночное время суток.

Предыдущие расчеты выполнены для случая статического подхода к решению задачи. В общем же случае необходим динамический подход с выбором динамического критерия оптимальности в виде максимума чистой дисконтированной стоимости или минимума дисконтированных затрат. Однако полученные при этом значения срока окупаемости не будут сильно отличаться от рассчитанного значения для статической постановки задачи.

Предположим, что финансирование и строительство ветроэнергоустановки осуществляет какое-либо юридическое лицо, не входящее в состав энергосистемы. Цель сооружения такой установки – снижение затрат на покупку электроэнергии от централизованной системы энергоснабжения. Экономическая целесообразность данного мероприятия будет зависеть от величины тарифа на электроэнергию, по которому предприятие оплачивает энергосистеме потребление электроэнергии. Если предприятие оплачивает электроэнергию по двухставочному тарифу, то цена 1 кВт·ч будет зависеть от режима электропотребления. Представляет интерес расчет эффективности сооружения ВЭУ для тарифа на электроэнергию, который сформирован на базе перспективной цены природного газа (20 центов/кг у. т.). При данной цене и удельном расходе 0,32 кг у. т./кВт·ч топливная составляющая будет равна  $0,32 \cdot 20 = 6,4$  цента/(кВт·ч). С учетом условно-постоянных затрат энергосистемы и прибыли величина

тарифа составит примерно 10 центов/(кВт·ч). Тогда годовая экономия будет равна  $10 \times 1375320 \cdot 10^{-2} = 137532$  дол. и годовой экономический эффект –  $137532 - 50000 = 87532$  дол. Срок окупаемости –  $1000000 : 87532 = 11,4$  года. Это уже более приемлемый срок окупаемости.

В ряде работ предлагается резервировать ВЭУ дизельными агрегатами [4]. В Беларуси делать этого, как правило, не надо, так как страна на все 100 % охвачена централизованным электроснабжением. ВЭУ строятся в районах размещения тех или иных потребителей, которые уже имеют электрическую связь с энергосистемой. Однако могут быть и исключения, например лесхозы, охотничьи хозяйства, фермерские хозяйства и др. Потребность в мощности может быть небольшой – от нескольких до десятков киловатт. В Китае в силу значительной территории страны ВЭУ могут возводиться в удаленных районах, и установка дизельного агрегата может оказаться экономически, и не только экономически, целесообразной. Это естественно повышает затраты на создание системы электроснабжения. В этом случае должны рассматриваться и другие альтернативные варианты электроснабжения. В безветренную или штормовую погоду ВЭУ не используются, и потребность в электроэнергии удовлетворяется дизель-генератором. При скорости ветра, выше минимальной, работает либо ветроустановка, либо, если недостаточна скорость ветра, ВЭУ и дизель-генератор. Предположим, что необходимо поставить ВЭУ к уже функционирующему дизель-генератору мощностью 100 кВт с целью экономии топлива. Пусть число часов использования установленной мощности дизель-генератора равно 5000 ч. Тогда при удельном расходе топлива 0,4 кг у. т./кВт·ч и цене 500 дол./т у. т. = 50 центов/кг у. т. стоимость расхода топлива за год составит  $50 \cdot 0,4 \cdot 100 \cdot 5000 \cdot 10^{-3} = 100000$  (дол.). Предположим, что ветроэнергоустановка мощностью 100 кВт рассчитана на скорость ветра 12 м/с, а фактическая среднегодовая его скорость составляет 8 м/с. Тогда ВЭУ выработает электроэнергии  $100 \cdot (8 : 12)^3 \cdot 8760 = 259556$  кВт·ч. Это составляет  $259556 : (100 \times 5000) = 0,5191$ , т. е. 51,91 % годовой выработки дизель-генератора. Таким образом, ВЭУ эко-

номит 51,91 % всего расходуемого топлива. Тогда при ее удельной стоимости 1000 дол./кВт годовой эффект составит  $5191 - (0,04 + 0,01) \times \times 100 \cdot 1000 = 46910$  дол., где 0,04 и 0,01 – коэффициенты отчислений на амортизацию и обслуживание. Срок окупаемости инвестиций в ВЭУ составит  $100000 : 46910 = 2,13$  года. Таким образом, экономическая эффективность установки ВЭУ к дизель-генератору очевидна. Эффективность данного мероприятия зависит от ветровых условий, стоимости ветроэнергостановки и топлива, сжигаемого дизель-генератором. Следует отметить, что установленная мощность ветроэлектростанций в Китае составляет более 760 МВт (по данным на начало 2005 г.), а к 2020 г. она возрастет до 20000 МВт.

При выборе оптимального решения необходимо определение экономически обоснованной установленной мощности ВЭУ с учетом того, что фактическая среднегодовая скорость ветра всегда меньше скорости, при которой ВЭУ развивает номинальную мощность. Если исходить из необходимости покрытия ВЭУ максимальной электрической нагрузки, то установленная мощность ВЭУ должна быть больше этой нагрузки. Но это увеличивает затраты на сооружение ВЭУ, хотя при эксплуатации снижаются затраты топлива в дизель-генераторной установке. При выборе меньшей величины установленной мощности ВЭУ инвестиционные затраты снижаются, но увеличиваются затраты топлива в дизель-генераторе. Должно быть выбрано оптимальное соотношение между установленной мощностью ВЭУ и расходом топлива в дизель-генераторной установке.

Эффективное решение проблемы развития ветроэнергетики зависит от среднегодовой скорости ветра, стоимости топлива, используемого на тепловых электростанциях, или тарифа на электроэнергию, которую замещает ветроэнергостановка, удельной стоимости ВЭУ. Для обеспечения экономической эффективности развития ветроэнергетики следует искать пути удешевления стоимости ВЭУ. Необходимо разрабатывать такие конструкции, которые позволяют развивать номинальную мощность при меньшей скорости ветра. Можно идти по пути закупки бывших в употреблении ВЭУ, проработавших 10 лет и имеющих цену примерно в

три раза меньше первоначальной. В западных странах демонтируют устаревшие установки мощностью в несколько сот киловатт, сооружая вместо них новые, более мощные. Предварительные технико-экономические расчеты показывают экономическую выгодность применения таких агрегатов. Хотя данные агрегаты будут иметь меньший срок службы, чем новые, однако из-за более низкой стоимости их использование оказывается экономически выгодным.

Развитие ветроэнергетики за рубежом идет, с одной стороны, по пути увеличения единичной мощности ВЭУ, что способствует снижению величины удельных капитальных вложений, а с другой стороны, по пути создания на базе нескольких рядом расположенных ВЭУ электростанций. Оба эти направления являются основой для получения конкурентоспособной ветровой электроэнергии. За последние 10 лет себестоимость 1 кВт·ч снизилась в два-три раза и оказывается сравнимой с себестоимостью электроэнергии, производимой на традиционных электростанциях. По данным Международного энергетического агентства, себестоимость 1 кВт·ч к 2020 г. может снизиться до 2,1 цента при величине удельных капитальных вложений 440 дол./кВт.

При технико-экономическом обосновании сооружения ВЭУ к выбору мощности и размещения следует подходить индивидуально, учитывая дополнительные затраты, связанные с присоединением данной ветроэнергостановки к существующей электрической сети с целью обеспечения возможности выдачи мощности. Около каждой ВЭУ должно быть предусмотрено сооружение трансформаторной подстанции и линии электропередачи, связывающей эту подстанцию с электрической сетью энергосистемы. Это, естественно, вызывает удорожание проекта.

## ВЫВОД

Оценка экономической выгоды сооружения ветроэнергостановки представляет собой сложную технико-экономическую задачу, требующую учета соотношения цен на замещаемое топливо и стоимости ветроэнергостановки, реальных ветровых условий и режимных

особенностей работы ВЭУ в составе энергосистемы. По мере увеличения цены замещаемого топлива, совершенствования конструкции ветроагрегатов и удешевления их стоимости масштабы развития ветроэнергетики будут расширяться.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратьев, К. Я. Современное состояние и перспективы развития мировой энергетики / К. Я. Кондратьев, В. Ф. Крапивин // Энергия: экономика, техника, экология. – 2006. – № 2. – С. 17–25.

2. Дэвинс, Д. Энергия / Д. Дэвинс. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – С. 360.

3. Падалко, Л. П. Техничко-экономические предпосылки развития ветроэлектроэнергетики / Л. П. Падалко, А. М. Заборовский // Энергетика и ТЭК. – 2006. – № 10. – С. 18–22.

4. Кашфразиев, Ю. А. Ветроэнергетические установки в России – роскошь или источник энергии // Ю. А. Кашфразиев // Энергия: экономика, техника, экология. – 2004. – № 10. – С. 34–39.

Поступила 28.12.2006

УДК 65.012.122+658.153

## УПРАВЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЕМ ЗАПАСОВ ВО ВРЕМЕНИ

*Асп. АНТОНЮК Я. С., канд. экон. наук КИСЕЛЬ Т. Р.*

*Белорусский национальный технический университет*

Традиционный подход к управлению материальными запасами основан на минимизации логистических издержек, которые состоят из издержек хранения запасов (включая издержки финансирования) и издержек заказа [1, 2]. При этом издержки от связывания оборотных средств в запасах (издержки финансирования) определяются в упрощенном виде на основании изменения материального запаса во времени, а не изменения запаса денежных средств. Однако одному варианту изменения материального запаса могут соответствовать несколько вариантов изменения запаса денежных средств во времени, что обусловлено механизмом расчетов с поставщиками и заказчиками. Поэтому невозможно оптимизировать изменение материальных запасов во времени без оптимизации изменения запаса денежных средств и наоборот.

Как отмечено выше, традиционная теория управления запасами рассматривает изолированно только изменение материальных запасов и совсем не уделяет внимания изменению запаса денежных средств во времени. Однако существует небольшое количество комплексных теорий управления несколькими составляющими оборотных активов, в которых рассматриваются как изменение материальных запасов,

так и сопутствующее изменение запаса денежных средств: теория управления запасами с учетом кредиторской задолженности ([3, 4] и др.); теория комплексного управления запасами и дебиторской задолженностью ([5, 6] и др.); теория комплексного управления запасами и денежными средствами ([7, 8] и др.), теория комплексного управления запасами и денежными средствами с учетом кредиторской задолженности [9]. Кроме этого, уже с середины прошлого века существует подход к управлению денежными средствами, аналогичный подходу к управлению запасами, где денежные средства рассматриваются в виде запасов и к ним применяются различные стратегии управления [10–12]. В большей части названных выше моделей авторы используют в качестве критерия оптимальности совокупные (логистические) издержки. Однако есть научные работы, в которых авторы используют в качестве критерия оптимизации прибыль ([13, 14] и др.), аннуитетный поток ([15, 16] и др.), рентабельность ([17, 13, 14, 18] и др.).

В отличие от традиционного подхода к управлению запасами, в данной работе мы будем рассматривать как изменение материальных запасов, так и связанное с ним изменение запаса денежных средств во времени. Кроме