

УДК 65.0+621.165

Н. Ю. БАБАК, канд. техн. наук, старш. науч. сотр.

Институт проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины, г. Харьков

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИНВЕСТИЦИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРОВЫХ ТУРБИН МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Рассмотрены результаты решения пяти задач по усовершенствованию энергосбережения путем установки паровых турбин малой мощности на предприятиях ряда отраслей промышленности, а также коммунальной ТЭЦ, выполненные специалистами ИПМаш НАНУ. Приведена графическая зависимость для предварительной оценки удельных инвестиций, необходимых для реализации энергосберегающего проекта в зависимости от мощности планируемой к установке малой паровой турбины.

Розглянуто результати вирішення п'яти задач з удосконалення енергозбереження шляхом встановлення парових турбін малої потужності на підприємствах ряду промислових галузей, та комунальній ТЕЦ, які виконані фахівцями ИПМаш НАНУ. Наведено графічну залежність для попередньої оцінки інвестицій, що потрібні для реалізації енергозберігаючого проекту в залежності від потужності малої парової турбіни, що планується встановити.

Введение

Актуальность работ, посвященных энергосбережению при производстве и потреблении тепловой и электрической энергии, очевидна, подкрепляется постановлениями правительства Украины [1]. Для решения задач энергосбережения могут успешно использоваться электрогенерирующие установки малой мощности, создаваемые на базе: двигателей внутреннего сгорания, паровых машин, паровых и газовых турбин, винтовых турбин и др. техники. Помимо повышения технико-экономических показателей при установке электрогенерирующих машин (они обычно работают параллельно с электрической сетью) повышается надежность энергоснабжения, обеспечивается энергетическая независимость, что является также весьма важным для предприятия.

Институт проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины (ИПМаш НАНУ) более 10 лет занимается разработкой технических предложений (технико-экономических обоснований (ТЭО)) по усовершенствованию энергосбережения на промышленных и коммунальных предприятиях путем установки паровых турбин малой мощности (0,1 – 25 МВт), внедрением этих разработок в практику [2 – 6]. Для расчета тепловых схем энергоузлов используется комплекс программ SCAT2000 [7], разработанный в ИПМаш НАНУ.

Одним из ключевых моментов при технико-экономической оценке энерго-сберегающих решений является определение объема предполагаемых инвестиций. При установке паровых турбин для оценки инвестиций необходимо направлять запрос на завод-изготовитель, аргументируя причину своего обращения, ожидать ответ 2-3 недели. Решение реальных задач энергосбережения позволило специалистам ИПМаш НАНУ накопить информацию о величине инвестиций, необходимых для установки малых паровых турбин, и использовать ее для последующих оценок. Цель настоящей работы, представить эту информацию в виде удобном для предварительной оценки затрат на реализацию новых энергосберегающих проектов с установкой малых паровых турбин, обеспечив обоснованный выбор соответствующих технических решений.

Результаты решения задач энергосбережения на базе установки паровых турбин малой мощности.

Далее в хронологическом порядке представлена общая характеристика пяти технических энергосберегающих решений при установке малых паровых турбин (два

проекта на их основе были реализованы), выполненных специалистами ИПМаш НАНУ.

1. В 2005 г. разработано ТЭО для ЗАО «Макеевкок» (г. Макеевка) по реконструкции котельной этого коксохимического завода в мини-ТЭЦ. В котельной установлены 8 котлов (основная их группа эксплуатируется с 30-х годов прошлого века), один котел – не достроен. На промышленные нужды завода отпускается пар с двумя давлениями: 0,7 и 0,5 МПа и расходом до 20-30 т/ч по каждому потоку.

Выполнен технико-экономический анализ следующих вариантов установки малых паровых турбин производства ОАО «Калужский турбинный завод» («КТЗ», «Силовые машины», РФ): две серийные турбины П-6-1,2/0,5 (П-6), две турбины КП-12-2,2 индивидуального проектирования, турбина КП-16-1,6/2,2 индивидуального проектирования, серийная турбина П-12-2,2/0,7-1. Как наиболее целесообразный был рекомендован вариант реконструкции котельной ЗАО «Макеевкок» посредством установки турбины П-12-2,2/0,7-1 (мощность 12 МВт, параметры пара на входе: давление 2,2 МПа, температура 340 °С, номинальный расход пара 104 т/ч, один регулируемый отбор пара с давлением 0,7 МПа, диапазон изменения расхода пара в отборе 0-60 т/ч). Расчетный объем инвестиций на реализацию этого проекта 32 млн. грн (в ценах 2005 г.); простой срок окупаемости ~23,4 мес.

В 2010 г. на ЗАО «Макеевкок» были возобновлены работы по энергосбережению, связанные с установкой паровой турбины. Повторная оценка технико-экономических показателей проекта (выполнена проектной организацией) по установке двух турбин П-6 (в две очереди) определила: 1 очередь инвестиции ~83 млн грн 2 очередь ~60 млн грн; простой срок окупаемости составил 7,2 года.

2. Примером успешного внедрения (от ТЭО до пуска комплекса паровой турбины) на предприятии энергосберегающих мероприятий может служить проект расширения ТЭЦ ОАО «Ясиновский КХЗ» («ЯКХЗ», г. Макеевка) [3]. Разработанные ИПМаш НАНУ для завода технические предложения по энергосбережению с установкой паровой конденсационной турбины ПТ-12/13-3,4/1,0-1 (ПТ-12) мощностью 12 МВт, на параметры пара: 3,4 МПа, 435 °С были успешно реализованы в 2004–2006 гг. при участии Научно-технического концерна (НТК) «ИПМаш НАНУ» в качестве генподрядчика. Генпроектировщик – ОАО «ДнепрВНИПИэнергопром» (г. Днепропетровск).

Экспликация проекта включала: расширяемую часть здания ТЭЦ (машинный зал с турбиной, генератором, электрическим щитом управления и вспомогательным оборудованием), оборотную систему охлаждения (циркуляционная насосная, башенная градирня и циркуляционные водоводы); здание главного распределительного устройства (ГРУ 6,3); маслохозяйство (аппаратная с насосами и маслоочистительной машиной, открытый склад масел с емкостями для нового, отработавшего и регенерированного масла), паропровод Ø 325 мм с давлением пара 1,27 МПа и температурой 325 °С протяженностью 1200 м, силовые кабельные линии напряжением 6,3 кВ протяженностью более 1 км.

Основные статьи затрат на реализацию этого проекта и их относительная стоимость: генподряд (1,88 %); проектирование, авторский надзор, изыскания и т. п. (3,28 %); турбина и генератор (37,45 %); остальное оборудование, металлоконструкции, трубы, кабели и др. (34,85 %), монтажные и пуско-наладочные работы по оборудованию и приборам (8,39 %); строительно-монтажные работы и материалы (14,15 %).

Турбина ПТ-12, установленная на ОАО ЯКХЗ», конденсационного типа традиционного исполнения с регулируемыми производственным и теплофикационным отборами пара производства ОАО «КТЗ». Работает она в комплексе с генератором Т-12-2-УЗ производства ОАО «Привод» (г. Лысьва, РФ) и циркуляционной системой охлаждения на базе башенной градирни (расход технической воды 3200 т/ч). Для привода турбины используется острый пар, который вырабатывается котлами заводской ТЭЦ при сжигании коксового газа (при пуске завода в 50-х годах прошлого века на теплоцентрали были установлены две турбины с противодавлением АР-6). Потребляемая заводом электрическая мощность составляет ~14-14,5 МВт.

Пуск комплекса турбины ПТ-12 позволил заводу полностью перейти на потребление

собственной электроэнергии. Избытки электроэнергии ($\sim 1,5-1,7$ МВт) направляются в сеть. Удельные инвестиции на реализацию проекта составили ~ 530 USD/кВт (в ценах 2004-2005 гг.). Окупился проект за 3 года.

3. В 2007 г. для ОАО «ЯКХЗ» выполнено ТЭО по энергосбережению, обусловленное выбором перспективных направлений развития основного производства. Рассматривалась задача выработки дополнительных электрических мощностей при использовании избытков коксового газа, в перспективе производимого на заводе (при потреблении новым производством ~ 9 МВт электрической мощности и 12 т/ч пара с давлением пара 1,275 МПа, температурой 245 °С). Исследовались технико-экономические показатели технических решений при установке на ТЭЦ завода малых паровых турбин: П-25-3,4/0,8 (П-25) и ПТ-12 (производства ОАО «КТЗ»), а также Т-21-3,4/0,69/(0,06-0,03) (производства ООО «EKOL, spol.s r.o», Чешская Республика).

Предпочтение отдано варианту установки турбины П-25, имеющей очевидное преимущество по достижению требуемой мощности заводской ТЭЦ практически на всех режимах работы при существенном резерве по выработке электроэнергии. Расчетные инвестиции на реализацию рекомендованного проекта $\sim 43,6$ млн. грн (в ценах 2007 г.), простой срок окупаемости ~ 3 года.

4. Примером использования современной, высокооборотной паровой турбины для энергосбережения может служить проект расширения Ахтырской ТЭЦ (ООО «Брок-Энергия», г. Ахтырка, Сумская обл.) посредством установки малого энергоблока. В состав последнего включены: малый паровой котел производительностью 10 т/ч пара с параметрами 1,4 МПа, 230 °С, паровая турбина с противодавлением Р-0,75-0,4/0,03 (Р-0,75) мощностью 0,75 МВт в рамном исполнении (изготовлена ЗАО «Энерготех», г. Санкт-Петербург) и синхронный генератор СГ2-750/6,3-4У3 (производитель ОАО «СЭЗ», г. Сафоново, РФ). Этот проект реализуется с 2009 г. с целью улучшения показателей работы станции в летний период (оборудование уже опробовано в работе) [4, 5]. На Ахтырской ТЭЦ ранее были установлены: паровые котлы ТС-35у (3 шт.), пиковые водогрейные котлы КВГМ-50 (2 шт.), паровые турбины АТ-6 и АП-6, мощностью по 6 МВт.

Паровая турбина Р-0,75 в отопительный период питается паром из производственного отбора станционной турбины АП-6, в летний период – от малого парового котла. Экономический эффект достигается за счет дополнительной выработки электроэнергии и подогрева воды на горячее водоснабжение (летом) паром с более низкими параметрами, отработавшим в турбине Р-0,75. В летний период так же ликвидированы потери энергии, вызванные необходимостью работы установленного на ТЭЦ оборудования с предельно минимальной нагрузкой (менее 40 % номинальной мощности турбины АП-6 и 30 % номинальной производительности котла ТС-35у) и как следствие низким КПД.

Расчетный срок окупаемости проекта установки турбины Р-0,75 $\sim 2,1$ года, инвестиции составили $\sim 3\,565$ тыс. грн (стоимость «промышленного» природного газа 2570,7 грн/тыс. м³, газа для населения 872,8 грн/тыс. м³, электроэнергии в сети 0,7015 грн/кВт·ч, все цены 2009 г., в том числе НДС). Генпроектировщик - ОАО «Укрگیпроцукор» (г. Винница). НТК «ИПМаш НАНУ» являлся генподрядчиком этих работ.

5. В 2008 г. НТК «ИПМаш НАНУ» выполнено ТЭО по энергосбережению для ОАО «Угольная компания «Шахта Красноармейская Западная № 1», (г. Красноармейск, Донецкая обл.). Исследовалась возможность реконструкции котельной главной промышленной площадки (ГПП) шахты (установлены 3 котла КЕ-25-14, один работает на шахтном метане, два на твердом топливе) в мини-ТЭЦ посредством установки малой паровой турбины. В ТЭО были рассмотрены варианты установки паровых конденсационных турбин Т-9-1,2/0,2 (Т-9) и Т-12-1,2/0,2 (Т-12) с регулируемым теплофикационным отбором с давлением пара 0,2 МПа, мощность турбин 9 и 12 МВт соответственно. Номинальные параметры пара на входе в турбину 1,2 МПа, 250 °С. При установке турбины Т-9 включены два котла КЕ-25-14, выработка пара 47 т/ч (третий котел находится в резерве). При установке Т-12 включены все три котла, выработка пара 71 т/ч.

Простой расчетный срок окупаемости проекта установки паровой турбины Т-12 (производства ООО «Ютрон», г. Смоленск, РФ) составил 5,7 года (при стоимости твердого топлива 325 грн/т, себестоимости электроэнергии в сети 0,42 грн/кВт•ч обе цены 2008 г., в том числе НДС). Инвестиции на реализацию проекта установки паровой турбины Т-12 оценены в ~40 млн грн [6].

Особенностью этого проекта является совместная работа шахтной газопоршневой электростанции (ГПЭС) электрической мощностью 36 МВт (строительство началось в 2008 г.) и в перспективе реконструируемой в мини-ТЭЦ котельной ГПП шахты. Предполагалось, что мини-ТЭЦ должна получать с ГПЭС 18 т/ч насыщенного пара и горячую воду для подогрева питательной воды.

Обсуждение характеристик энергосберегающих проектов при установке малых паровых турбин.

Анализируя характеристики, представленных энергосберегающих проектов, отметим следующее:

- реализованы были 2 и 4 (в стадии оформления отпуска электроэнергии в сеть) проекты;

- только при реализации проекта 2 не были предусмотрены затраты, связанные с работами по котельному цеху (проекты 1, 3 предполагают ремонт котлов, 4 – установку малого котла, 5 – установку пароперегревателей на котлы);

- при выполнении проектов по установке турбин, могут исключаться (например, при реализации проекта 2 не было потребности в строительстве подстанции и генераторного распределительного устройства – имелись резервы на ТЭЦ) и включаться дополнительные статьи затрат (в сметы проектов 1, 3, 5 включались затраты по расширению химической водоподготовки; 2 – затраты на паропровод длиной 1200 м; 3 и 5 – на строительство водовода и т. п.), причем часто включаются затраты, связанные не только с потребностями реализации конкретного проекта, но и на реконструкцию имеющегося энергетического хозяйства и др. (в проекте 2 – это затраты на перекладку силовых электрических кабелей с целью оптимизации электроснабжения завода), что следует учитывать;

- в проекте 4 применена высокооборотная паровая турбина с противодавлением в блочном исполнении, в остальных случаях – это конденсационные турбины классического исполнения;

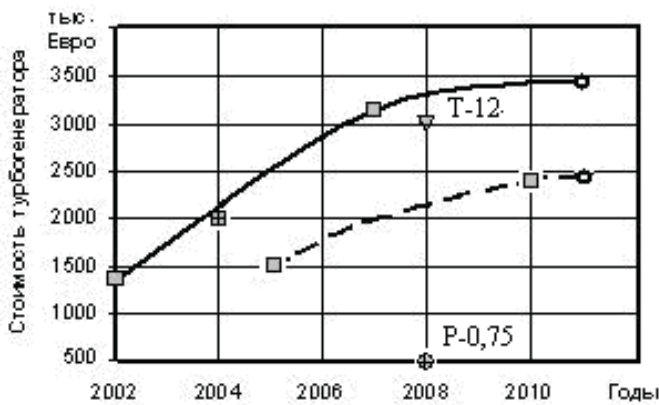
- доля стоимости турбогенератора, рекомендуемого к установке (установленного), в суммарных инвестициях на реализацию проекта составляет ~33–38 % для турбин классического исполнения и 73 % для турбины в блочном исполнении;

- инвестиции на реализацию энергосберегающих проектов в течение 2005–2009 г.г. существенно выросли как на приобретение оборудования, так и на строительные-монтажные работы (СМР), что необходимо учитывать.

Оценка удельных инвестиций на реализацию проекта установки малой турбины

Используем представленную выше информацию для предварительной оценки инвестиций на реализацию проекта установки малых паровых турбин. На рис. 1 заштрихованными маркерами показаны стоимости турбогенераторов разных типоразмеров и заводов, взятые из ответов производителей на запрос об условиях поставки в проектах 1 – 5. Знаком «+» отмечен реализованный проект 2. Изменение в течение 2002–2009 гг. инвестиций, необходимых для поставки турбогенераторов ОАО «КТЗ» (как и других производителей) на базе турбин: ПТ-12 и П-6 (на рис. 1 построены соответствующие кривые), свидетельствует о необходимости при использовании данных об инвестициях приводить их объем к ценам 2011 г.

Для контроля, зная массы поставляемого оборудования 109 т (ПТ-12) и 72 т (П-6), оценим удельные цены, соответственно имеем близкие значения: 31,7 и 33,2 тыс. Евро/т.



турбина ПТ-12-3,4/1,0-1 с генератором Т-12-2УЗ;
турбина П-6-1,2/0,5 с генератором Т-6-2УЗ

Рис. 1. Изменение инвестиций на турбогенератор

Не сложно рассчитать, что стоимость СМР (к этому виду работ будем относить также специальные монтажные и пуско-наладочные работы, их доля в инвестициях проекта 2 составляет 22,45%) в нашей стране с 2005 по 2011 г. возросла в 2,35 раза. Примем, что величина остальных затрат (генподряд, проектирование и т. п.) должна увеличиться аналогично СМР.

Имеем удельные затраты (в ценах 2010 г): для проекта 2 при установке турбины ПТ-12 $500^1 \times [0,723 \times 1,7 + (1-0,723) \times 2,35] \approx 959 \text{ USD/кВт}$, турбины П-25 (проект 3), используя аналогичный алгоритм, $\sim 831 \text{ USD/кВт}$; при установке турбины П-6 (проект 1) – $\sim 1250 \text{ USD/кВт}$, P-0,75 (проект 4) $\sim 1425 \text{ USD/кВт}$.

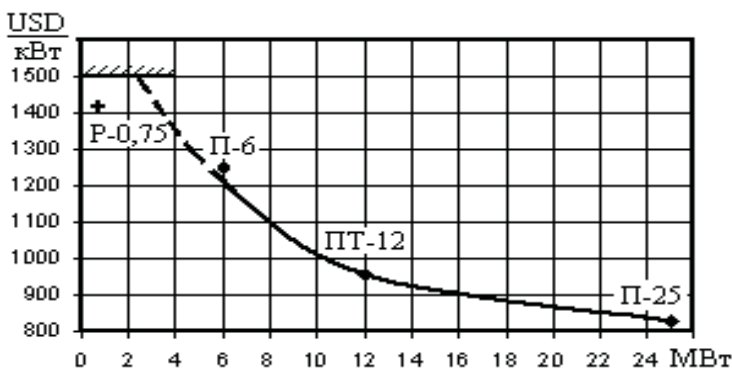


Рис. 2. Удельные инвестиции на реализацию проекта по установке малых паровых конденсационных турбин в ценах на начало 2011 г.

Удельные инвестиции на реализацию проекта установки высокооборотной паровой турбины с противодавлением в рамном исполнении (P-0,75-0,4/0,03, проект 4) отмечены «+» на рис. 2. Граница со штриховкой в области с мощностями турбин 0,1-4 МВт на рис. 2 соответствует данным об удельной стоимости проекта установки малой турбины «под ключ» в 1500 USD/кВт, часто встречаемым в литературных источниках.

Данные рис. 2 подтверждают известное мнение, что современные высокооборотные турбины в рамном исполнении (для турбоустановок производства СНГ это машины

Используя данные рис. 1, пересчитаем удельные затраты на реализацию проекта установки турбины ПТ-12, приведенные к ценам 2011 г. Турбогенератор, оборудование и материалы при расширении ТЭЦ ОАО «ЯКХЗ» [3] закупались в 2004–2005 г.г., затраты на них составляют $\sim 72,30\%$ суммарных инвестиций (см. данные об основных затратах 2 проекта).

Стоимость СМР в Украине в течение 2003-2007 гг. возросла в 2,5 раза (на $\sim 20\%$ в год), в 2008-2010 гг. – на 30, 1, 8,6, 11,5 % (за 8 месяцев 2010 г.) соответственно [8].

На рис. 2 показано изменение базовых удельных инвестиций в ценах 2011 г. (не учитываются затраты в котельном цеху, на развитие водоподготовки, на строительство водовода технической воды и др.) на реализацию энергосберегающего проекта на базе малой паровой турбины в зависимости от ее установленной электрической мощности. Маркерами отмечены приведенные удельные инвестиции на установку турбин: П-6, ПТ-12, П-25, рассчитанные выше.

¹ Удельные затраты проекта 2 взяты с учетом вычета дополнительных затрат.

мощностью 0,1–4 МВт) имеют преимущество, ввиду сокращения сроков работ и затрат, поскольку эти турбины поступают заказчику в заводской готовности.

Представленная на рис. 2 кривая с учетом поправок на включаемые и исключаемые из конкретного энергосберегающего проекта статьи затрат может быть использована для предварительной оценки инвестиций при установке малых паровых турбин производства стран СНГ.

Заключение

Себестоимость электроэнергии, вырабатываемой мини-ТЭЦ, особенно при установке турбин с противодавлением, может быть значительно (в несколько раз, если имеются не используемые тепловые энергетические ресурсы или сжигается дешевое топливо: коксовый газ, шахтный метан, биогаз и др.) ниже, чем в сети. Кроме непосредственной экономической выгоды от получения более дешевой электроэнергии повышается надежность обеспечения предприятия электроэнергией (турбогенераторы работают параллельно с сетью).

За счет использования при внедрении малых паровых турбин уже имеющегося на энергоузле оборудования (паровые котлы, установка химической водоподготовки и др.) стоимость установленной мощности «под ключ» составляет от 830 до 1500 USD/кВт в зависимости от мощности и типа турбины, что в два и более раза меньше чем при строительстве новой ТЭЦ. Для предварительной оценки удельных инвестиций на реализацию энергосберегающего проекта на базе установки малой паровой турбины можно использовать представленные данные, полученные при решении реальных задач с учетом поправок на динамику цен в Украине на турбинное оборудование и СМР.

Несмотря на рост в последние годы стоимости удельных инвестиций на реализацию проектов установки малых турбин (рассматривалось оборудование производства стран СНГ) при использовании дешевых топлив, высокой наработке турбогенератора (6000–8000 ч/год) с хорошей нагрузкой (80–100% установленной электрической мощности) могут быть достигнуты приемлемые сроки окупаемости (3–4 года).

Для успешного решения задач энергосбережения следует считать актуальным создание в Украине производства современных серийных высокооборотных паровых турбин малой мощности в рамном исполнении.

Перспективным направлением дальнейших исследований, связанных с реализацией проектов энергосбережения с применением турбин малой мощности, является использование турбин на органических теплоносителях (турбины ORC цикла).

Список литературы

1. Наказ Міністерства Фінансів України від 04.07 2006 № 631 «Про визначення пріоритетних напрямів енергозбереження» // Офіційний вісник України від 16.08 2006 – 2006. № 31. – С. 206.

2. Использование паровых турбин малой мощности для энерго-сбережения на энергоузлах предприятий / А. Л. Шубенко, Н. Ю. Бабак, М. И. Роговой, А. В. Сенецкий // Компрессорное и энерг. машиностроение. – 2008. № 3. – С. 14–17.

3. Реализация технико-экономического предложения по выработке дополнительной электроэнергии на ТЭЦ Ясиновского коксохимического завода / Ю. В. Филатов, С. А. Медянцев, А. Л. Шубенко и др. // Энергосбережение•Энергетика•Энергоаудит. – № 4. 2007. – С. 8–17.

4. Повышение технико-экономических показателей мини-ТЭЦ посредством установки малой конденсационной турбины на паре производственного отбора / А. М. Пивень, В. В. Васильев, И. В. Гаркавенко и др. // Энергосбережение•Энергетика•Энергоаудит. – 2008. – № 10. – С. 22–31.

5. Энергосбережение на мини-ТЭЦ в летний период за счет установки малого парового котла для работы новой паровой турбины Р-0,75-0,4/0,03/А. Л. Шубенко, Н. Ю. Бабак

²Ведущие мировые производители, например Siemens [9], выпускают в рамном исполнении турбоустановки мощностью до 10 МВт.

М. И. Роговой и др. // Энергосбережение• Энергетика• Энергоаудит. –2010. – № 1. – С. 9–18.

6. Реконструкция базовой котельной шахты в мини-ТЭЦ в условиях интеграции с газопоршневой электростанцией / Л. М. Лукач, С. Ю. Резников, А. Л. Шубенко и др. // Пробл. машиностроения. – 2010. – Т. 13, № 2. – С. 3–11.

7. Лыхвар Н.В. Моделирование теплоэнергетических установок с использованием интерактивной схемной графики/ Н.В. Лыхвар, Ю.Н. Говорущенко, В.А. Яковлев // Пробл. машиностроения. – 2003. – Т. 6, № 1 – С. 30–41.

8. В сентябре строительно-монтажные работы в Украине снова подорожали [Электронный ресурс]: электронное средство информации Корреспондент.net – Киев: ООО «BIGMIR-Internet», 2000-2011. – Режим доступа: <http://www.korrespondent.net/business/realstate/1135064-v-sentyabre-stroitelno-montazhnye-raboty-v-ukraine-snova-podorozhali>. – Последнее обращение: 17.01.2011. – Загл. с экрана.

9. Блочно-модульные паровые турбины для механического привода генераторов мощностью от 45 кВт до 10 МВт. [Электронный ресурс]: Power Generation Oil & Gas Industrial Applications – // Siemens AG, 2007. – Электрон. дан. (1 pdf файл, 865694 кб). – Систем. требования: Adobe Reader. – Режим доступа: http://www.agkkk.de/fileadmin/siemens_kkk_files/downloads_pdf/bauprogramm_kkk_turbinen_RU.pdf – Последнее обращение 17.02.2011. – Загл. с экрана.

PRELIMINARY ESTIMATION OF INVESTMENTS AT DECISION OF TASKS OF ENERGY-SAVINGS WITH THE USE OF STEAM-TURBINES OF SMALL POWER

N. Yu. Babak, Cand. Tech. Sci.

The results of decision of five tasks are considered on the improvement of energy-savings by setting of steam-turbines of small power on the enterprises of row of industries of industry, and communal thermal electric central, executed by the specialists of IPMach NAS of Ukraine.

Graphic dependence over is brought for the preliminary estimation of specific investments necessary for realization of energy-saving project depending on power of the small steam-turbine planned to setting.

Поступила в редакцию 08.12 2010 г.



Уважаемые читатели!
Приглашаем Вас стать подписчиками журнала
«Энергосбережение•Энергетика•Энергоаудит»
на II полугодие 2011 года!!
На страницах журнала публикуются
статьи об актуальных проблемах
электроэнергетики, энергорынка,
теплоэнергетики, газоснабжения, водоснабжения,
водоотведения и экономики.
Подписка с любого месяца!
Справки по телефону 8(057) 7-149-451