

УДК 330.322: 620.9 (470.21)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Кузнецов Н.М., Победоносцева В.В.

*Центр физико-технических проблем энергетики Кольского научного центра
Российской академии наук, Апатиты, e-mail: kuzn55@mail.ru*

В статье приведены интегральные показатели энергосбережения и энергоэффективности региона. Отмечается необходимость внедрения наилучших доступных технологий в жилищно-коммунальном секторе и бюджетной сфере. Даны показатели внедрения наилучших доступных технологий в многоквартирных домах и бюджетных учреждениях. Уделено внимание показателям внедрения ключевых энергоэффективных технологий. Указаны показатели, по которым выполняется расчет энергетической эффективности в жилищно-коммунальной сфере: удельный расход топлива, удельный расход тепловой энергии, доля потерь в тепловых сетях, удельный расход электрической энергии, удельный расход воды. По результатам проведенного энергетического обследования здания бюджетной сферы выполнен расчет экономии энергии при внедрении индивидуально-теплого пункта для автоматизированного управления отопительной нагрузкой. Приведен расчет экономической эффективности инвестиций при внедрении автоматизированного теплового пункта.

Ключевые слова: интегральные показатели энергосбережения, наилучшие доступные технологии, ключевые энергоэффективные технологии, тепловой пункт, энергетическое обследование, инвестиции, экономическая эффективность

EFFICIENCY OF IMPLEMENTATION OF BEST AVAILABLE ENERGY SAVING TECHNOLOGIES IN THE MURMANSK REGION

Kuznetsov N.M., Pobedonostseva V.V.

*Centre for Physical and Technological Problems of Energy in Northern Areas the Branch of Kola Science
Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, e-mail: kuzn55@mail.ru*

Integrated indicators of energy saving and energy efficiency of the region given in the article. The need for implementation of best available technologies in housing and communal sector and the public sector noted. Indicators of implementation of best available technologies in blocks of flats and budgetary establishments are shown. Implementation indicators key energy efficient technologies is given. Listed indicators for which the calculation of the energy efficiency in the housing sector: specific fuel consumption, specific heat consumption, the share of losses in heat networks, specific consumption of electric energy, the specific water consumption. The calculation of energy savings according to the results of carried out energy surveys of buildings of budgetary sphere in the implementation of individual heat point for automated management of the heating load are presented. Calculation of economic efficiency of investments in the implementation of the automated thermal point are given.

Keywords: integrate indicators of energy saving, best available technologies, key energy efficient technologies, thermal point, energy audit, investments, cost-effectiveness

Энергосбережение является одним из важнейших факторов, которое обеспечивает эффективность функционирования отраслей экономики региона. Эффективность энергосберегающих мероприятий возможна при внедрении новых технологических процессов и оборудования, использовании международного опыта [5]. Внедрение энергосберегающих технологий снижает затраты на топливно-энергетические ресурсы, повышает устойчивость топливно-энергетического комплекса, уменьшает затраты на строительство дополнительных мощностей, уменьшает выбросы от энергетических предприятий. Повышение энергетической эффективности обеспечивается за счет использования программно-целевых инструментов и затрагивает все отрасли экономики и социальную сферу, всех производителей и потребителей энергетических ресурсов. Интегральные показатели (энер-

гоёмкость валового регионального продукта и объём энергосбережения по видам топливно-энергетических ресурсов) (табл. 1) государственной программы «Энергоэффективность и развитие энергетики» Мурманской области позволяют сделать вывод об эффективности внедрения энергосберегающих мероприятий программ энергосбережения на муниципальном и отраслевом уровнях.

Энергоемкость валового регионального продукта в 2012 г. составляла 30,9 кг у.т./тыс. рублей. В 2020 г. планируется уменьшить этот показатель до 25,17 кг у.т./тыс. руб.

Расчёт показателей энергоэффективности жилищно-коммунального хозяйства ведётся по следующим показателям:

- удельный расход топливно-энергетических ресурсов на выработку тепловой энергии котельными;
- доля потерь в тепловых сетях;

– удельный расход электроэнергии на нежилые помещения в жилых домах;

– удельный расход теплоэнергии в жилых домах;

– удельный расход электроэнергии, используемой при передаче теплоэнергии в системах теплоснабжения;

– удельный расход электроэнергии, используемой для передачи воды в системах водоснабжения;

– удельный расход воды в многоквартирных домах.

В 2015 г. в Мурманской области удельный расход воды населением составлял 65,7 м³/чел. (по России – 49,1 м³/чел.), удельный расход теплоэнергии в многоквартирных домах – 0,22 Гкал/м² (по России – 0,21 Гкал/м²) [2].

ния и заемщиком по энергосберегающему проекту выступает энергосервисная компания. Но такая модель создает высокие риски неплатежей со стороны заказчика. В модели с гарантированной экономией организатором финансирования и заемщиком становится заказчик, а энергосервисная компания гарантирует достижение экономии энергетических ресурсов и несет пониженные финансовые риски.

Важным инструментом мониторинга энергопотребления является внедрение системы статистического учета показателей энергоэффективности, которая позволяет выполнять анализ энергопотребления и определять прогнозные объемы потребления энергоресурсов. Популяризация и пропаганда являются неотъемлемой частью

Таблица 1

Интегральные показатели государственной программы «Энергоэффективность и развитие энергетики» Мурманской области

Показатели	2012 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Энергоемкость внутреннего регионального продукта, кг у.т./тыс. руб.	30,9	28,05	27,47	26,9	26,32	25,75	25,17
Экономия тепловой энергии, тыс. Гкал	200	160	150	140	130	120	110
Экономия электрической энергии, тыс. МВт-ч	73	75	65	58	54	51	48
Экономия воды, млн м ³	3,15	3,02	2,6	2,45	2,2	2,05	1,9

Основными направлениями развития технологического регулирования в вопросах энергосбережения и повышения энергетической эффективности являются: внедрение энергоэффективных стандартов при строительстве многоквартирных домов и новых требований к оборудованию, стимулирование внедрения наилучших доступных технологий, внедрение систем учета энергетических ресурсов. Механизмами государственного стимулирования инвестиций в энергоэффективность являются компенсации затрат на приобретение оборудования, предоставление субсидий на покупку энергоэффективного оборудования за счет бюджета или фондов энергосбережения, за счет привлечения энергоснабжающих организаций, включая механизмы использования обязательств по повышению энергетической эффективности [7]. В условиях, когда у заказчиков недостаточно собственной ликвидности, а государство не предоставляет достаточных гарантий для правовой защиты сторон, наиболее распространенной схемой финансирования становятся различного рода подряды, в том числе с рассрочкой платежа, энергосервисные договоры по схеме разделенной экономии, при которой организатором финансиру-

емой деятельности по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

В ходе реализации государственной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности Минэнерго России провело мониторинг применяемых мер федеральными и региональными органами исполнительной власти для анализа их соответствия ключевым направлениям государственной политики по повышению энергетической эффективности в следующих направлениях:

– система управления энергосбережением и повышением энергетической эффективности;

– меры технологического регулирования;

– меры стимулирования привлечения внебюджетного финансирования;

– поддерживающие механизмы осуществления государственной политики, включая информационное обеспечение, а также информирование и пропаганду.

В российских компаниях проводится работа по установлению ключевых показателей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с учетом лучших мировых практик и ставятся цели по их достижению. Но во многих случаях ключевые показатели энергоэффективно-

сти не включены в интегрированную систему управления компаниями, что зачастую не позволяет выделить необходимый объем финансирования на их реализацию. Так, при проведении анализа результатов исполнения программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности выявлено, что изменение доходной части инвестиционных программ компаний приводит к сокращению предусмотренных в рамках этих программ энергосберегающих мероприятий, что связано со сложностью определения экономического эффекта от реализации подобных мероприятий. При этом многие из мероприятий, относящиеся к модернизации производства или обеспечению его надежности, также имеют экономическую эффективность, которая не может быть определена. На практике компании топливно-энергетического комплекса в программах энергосбережения устанавливают базовую линию потребления топливно-энергетических ресурсов и соответствующие целевые показатели, но при этом отсутствует модель, которая определяет уменьшение удельного потребления энергетических ресурсов путем разделения целевых показателей по технологическим переделам предприятия. Некоторые организации используют в качестве целевых показателей не удельные показатели энергетической эффективности, а суммарные показатели экономии топливно-энергетических ресурсов, что не позволяет проводить анализ динамики энергоэффективности производства в сопоставимых условиях.

– энергоэффективные источники света в уличном и дорожном хозяйстве, а также во внешнем и внутреннем освещении бюджетного сектора;

– установка индивидуальных тепловых пунктов с автоматическим погодным регулированием;

– энергоэффективность зданий, эксплуатируемых организациями бюджетной сферы.

Показатели внедрения ключевых энергоэффективных технологий приведены в табл. 3.

Анализ внедрения энергосберегающих мероприятий в регионе показал, что в сфере жилищно-коммунального хозяйства области имеется значительный потенциал энергосбережения. Проводится работа по обеспечению соответствия региональной политики ключевым направлениям государственной политики – в отраслевые государственные программы включены удельные показатели энергоэффективности, внедряются энергетические декларации, разрабатываются требования к энергоэффективности при капитальном ремонте многоквартирных домов. Для реализации имеющегося потенциала энергоэффективности разрабатываются механизмы привлечения внебюджетного финансирования в рамках энергосервисных контрактов при внедрении наилучших доступных технологий в жилищно-коммунальном секторе и бюджетных организациях.

Основную часть расходов на коммунальные услуги составляет оплата тепловой энергии и горячего водоснабжения.

Таблица 2

Показатели внедрения наилучших доступных технологий в 2014 г. [1]

Наилучшие доступные технологии	Объем внедрения, %
Светоточки, использующие современные источники света со светоотдачей не менее 80 лм/Вт	62
Светоточки, работающие в составе осветительных систем с АСУ	56
Многоквартирные дома с приборами учета тепла	51
Бюджетные учреждения с приборами учета тепла	68
Автоматические индивидуальные тепловые пункты в многоквартирных домах	4
Автоматические индивидуальные тепловые пункты в бюджетных учреждениях	13

В результате мониторинга мер государственной политики по энергосбережению, реализуемых в Мурманской области, определены показатели внедрения наилучших доступных энергосберегающих технологий и объем их реализации в регионе (табл. 2).

В рамках мониторинга технических параметров в 2015 г. основное внимание уделялось внедрению ключевых энергоэффективных технологий [2]:

Для эффективного использования энергоресурсов и возможности регулирования потребления тепловой энергии при переходе на закрытую систему отопления необходимо устанавливать индивидуальный автоматизированный тепловой пункт с датчиками наружного и внутреннего воздуха. По соответствующей программе регулятор может осуществлять понижение температуры воздуха в помещениях в ночные часы и выход-

ные дни, что наиболее актуально для зданий бюджетной сферы. Автоматизированное управление отопительной нагрузкой позволяет получить экономию в осенне-весенний период, когда распространенной проблемой является наличие перетопов, связанное с особенностями центрального качественного регулирования тепловой нагрузки на источниках теплоснабжения.

Расчет экономической эффективности внедрения индивидуального теплового пункта выполнен по методическим рекомендациям, разработанным авторами (В.В. Бухмиров, Н.Н. Курахов, П.Г. Косарев, В.В. Фролов) [6].

Расчетная часовая тепловая нагрузка здания на отопление составляет, Гкал/ч:

$$q_z = \frac{Q}{z \cdot 24},$$

где Q – годовое потребление тепловой энергии на отопление здания (Гкал);

z – продолжительность отопительного периода (сутки).

Организация дежурного регулирования отопления предполагает снижение температуры воздуха в помещениях здания до $t_b^d = 14^\circ\text{C}$. Часовая нагрузка на отопление в данном случае составит, Гкал/ч:

$$q_{\text{ч}}^d = q_{\text{ч}} \frac{(t_b^d - t_n^{\text{cp}})}{(t_b - t_n^{\text{cp}})},$$

где t_n^{cp} – средняя температура наружного воздуха за отопительный период;

t_b – расчетная температура воздуха в помещениях (18°C).

Годовой расход тепловой энергии на отопление здания при организации дежурного отопления и 9-часовом рабочем дне организации, Гкал:

$$Q_d = (q_{\text{ч}} \cdot 9 + q_{\text{ч}}^d \cdot 15) \cdot z_p + q_{\text{ч}}^d \cdot z_b,$$

где z_p – количество рабочих дней в отопительном периоде;

z_b – количество выходных и праздничных дней в отопительном периоде.

Экономия теплоэнергии от внедрения дежурного отопления, Гкал:

$$\Delta Q_d = Q - Q_d.$$

Экономия тепловой энергии за счет автоматизированного теплового пункта, Гкал:

$$\Delta Q = \Delta Q_d + k \cdot Q,$$

где k – коэффициент эффективности регулирования нагрузки в осенне-весенний период.

Годовая экономия в денежном выражении, тыс. руб.:

$$\Delta \Delta = \Delta Q T \cdot 10^{-3},$$

где T – тариф на тепловую энергию (руб/Гкал).

По результатам проведенного энергетического обследования [3] здания бюджетной сферы выполнен расчет экономии энергии при внедрении индивидуального теплового пункта.

Годовая тепловая нагрузка на систему отопления здания – 548,1 Гкал.

Температура воздуха в помещении: 18°C .

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период: $-3,9^\circ\text{C}$.

Длительность отопительного периода 266 дней.

Количество дней за отопительный период: рабочих – 202, нерабочих – 64.

Тариф на тепловую энергию $T = 2893$ руб/Гкал.

Продолжительность рабочего дня – 9 ч.

Расчетная часовая тепловая нагрузка здания составляет, Гкал/ч:

$$q_{\text{ч}} = \frac{Q}{z \cdot 24} = \frac{548,1}{266 \cdot 24} = 0,086.$$

При организации дежурного отопления и снижении температуры воздуха в помещениях в нерабочее время до 14°C часовая нагрузка составит, Гкал/ч:

$$q_{\text{ч}}^d = q_{\text{ч}} \frac{(t_b^d - t_n^{\text{cp}})}{(t_b - t_n^{\text{cp}})} = 0,086 \frac{(14 - (-3,9))}{18 - (-3,9)} = 0,07.$$

Расход тепловой энергии на отопление здания при 9-часовом рабочем дне, Гкал:

$$Q_d = (q_{\text{ч}} \cdot 9 + q_{\text{ч}}^d \cdot 15) \cdot z_p +$$

$$+ q_{\text{ч}}^d \cdot z_b = (0,086 \cdot 9 + 0,07 \cdot 15) \cdot 202 +$$

$$+ 0,07 \cdot 64 = 372,93.$$

Таблица 3

Объем внедрения ключевых энергоэффективных технологий, %

Ключевые энергоэффективные технологии	Мурманская область	Россия
Энергоэффективные источники света в уличном и дорожном хозяйстве	55	65
Светодиодные источники света в освещении организаций бюджетного сектора	6	6
Энергоэффективные здания, эксплуатируемые организациями бюджетного сектора	28	14
Индивидуальные тепловые пункты с автоматическим регулированием в зданиях бюджетного сектора, прошедших капитальный ремонт на сумму от 5 млн руб. с 2011 г.	17	9

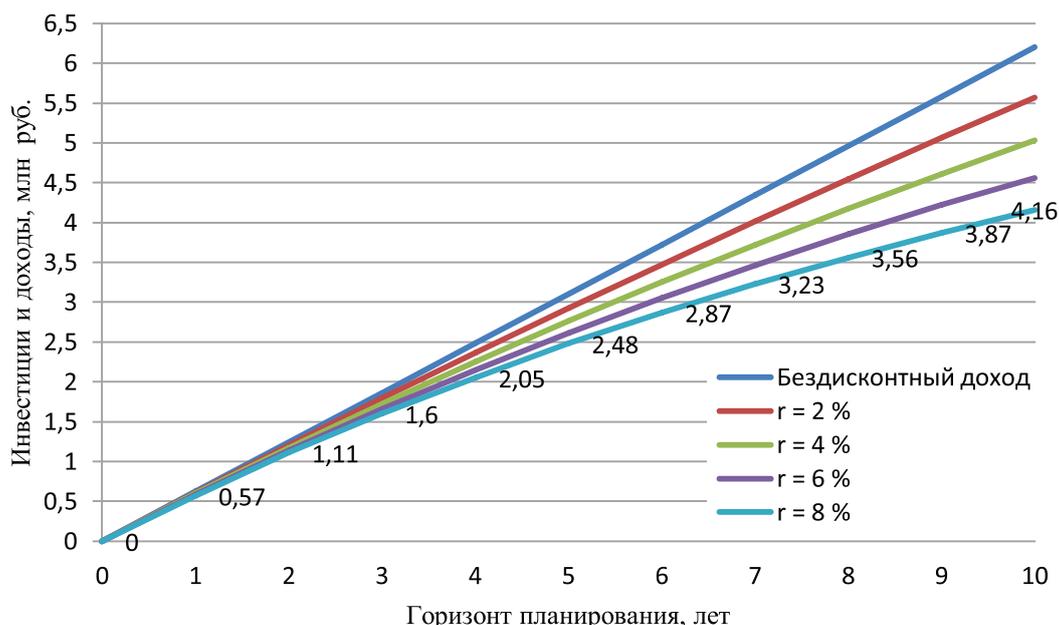


Диаграмма стоимости инвестирования проекта

Экономия тепловой энергии от внедрения дежурного отопления за отопительный период, Гкал:

$$\Delta Q_d = Q - Q_d = 548,1 - 372,93 = 175,17.$$

Общая экономия тепловой энергии при учете снижения теплопотребления на 7% за счет устранения перетопов в осенне-весенний период, Гкал:

$$\begin{aligned} \Delta Q &= \Delta Q_d + k \cdot Q = \\ &= 175,17 + 0,07 \cdot 548,1 = 213,54. \end{aligned}$$

Годовая экономия в денежном выражении, тыс. руб.:

$$\begin{aligned} \Delta \mathcal{E} &= \Delta Q \cdot T \cdot 10^{-3} = \\ &= 213,54 \cdot 2893 \cdot 10^{-3} = 623,58. \end{aligned}$$

Ниже приводится расчёт экономической эффективности инвестиций [4] при внедрении автоматизированного теплового пункта.

Задаются основные технико-экономические показатели инвестиционного проекта:

K – капитальные вложения (единовременные инвестиции) в оборудование и материалы, руб.; D – средний ежегодный доход, возникающий за счёт инвестиций в оборудование или материалы D , руб/год (величина ежегодного снижения эксплуатационных издержек); T – срок службы инвестиционного оборудования или материалов, лет; r – средняя норма дисконта за срок службы инвестиционного оборудования T .

Определяется бездисконтный срок окупаемости по формуле

$$T_0 = K/D.$$

Определяются показатели, характеризующие целесообразность инвестиций:

– общий (суммарный) дисконтированный доход DD , руб. (t – время, годы):

$$DD(t) = \frac{D}{r} [1 - (1+r)^{-t}];$$

– чистый дисконтированный доход $ЧДД$, руб.:

$$ЧДД = DD - K;$$

– индекс доходности инвестиций ID :

$$ID = ЧДД/K = DD/K - 1.$$

Данные для расчета: $K = 1,5$ млн руб., $D = 623,58$ тыс. руб./год, $T = 10$ лет. Расчет выполняем для вариантов: $r = 2\%$; 4% ; 6% ; 8% . Результаты расчета приведены на рисунке.

Из рисунка видно, что при капитальных вложениях на установку теплового пункта в 1,5 млн рублей срок окупаемости составляет менее трех лет.

По приведенной методике можно рассчитать экономическую эффективность внедряемых наилучших доступных технологий по муниципальным программам энергосбережения. Для внедрения индивидуальных тепловых пунктов с погодным регулированием необходимо определить условия установки тепловых пунктов в многоквартирных домах.

тирных домах и бюджетных учреждениях, а также разработать механизмы экономического стимулирования.

Список литературы

1. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2014 году. – М.: Минэнерго России, 2015. – 139 с. URL: http://gbuenergo.ru/pdf_files/gosdoklad2014.pdf.
2. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2015 году. – М.: Минэнерго России, 2016. – 266 с. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/5197>.
3. Клюкин А.М., Кузнецов Н.М., Трибуналов С.Н. Энергетическое обследование – основа эффективного управления энергопотреблением // Труды Кольского научного центра РАН. – 2015. – № 28. – С. 16–24.
4. Ковалев И.Н. Особенности оценки экономической эффективности долгосрочных инвестиций в энергосберегающие мероприятия // Энергосбережение. – 2013. – № 2. – С. 52–58.
5. Повышение энергетической эффективности в региональной энергетике Мурманской области. Сборник статей по материалам «ENES-2014» // Ответственный редактор Кузнецов Н.М. – М.: Издательство «Перо», 2015. – 40 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25821747>.
6. Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий / В.В. Бухмиров, Н.Н. Курахов, П.Г. Косарев, В.В. Фролов. – Москва: Изд-во МИСиС, 2014. – 96 с.
7. Победоносцева В.В. Особенности инвестирования энергетических проектов Мурманской области / Перспективы науки. – 2011. – № 1 (16). – С. 124–127.