

Tomasz DZIK¹
Renata DZIK²

EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA I EKONOMICZNA FUNKCJONOWANIA PRZEDSIĘBIORSTWA – DOŚWIADCZENIA Z WDROŻENIA SYSTEMU ZARZĄDZANIA ENERGIĄ

W artykule zostały przedstawione doświadczenia związane z wprowadzeniem, wdrożeniem i funkcjonowaniem systemu zarządzania energią (SZE) zgodnie z ISO 50001 w dużym przedsiębiorstwie. Opisano sposób przeprowadzenia przeglądu energetycznego, określenia energii bazowej oraz opracowania reprezentatywnych wskaźników pozwalających na monitorowanie wyników działań i przedsięwzięć inwestycyjnych służących poprawie efektywności energetycznej i ekonomicznej prowadzonych w ramach systemu. Przegląd energetyczny jest podstawą SZE i prawidłowe jego przeprowadzenie ma kluczowe znaczenie dla skuteczności tego systemu. Kolejnym ważnym elementem przeglądu są wskaźniki, które powinny być proste i zrozumiałe oraz uwzględniać specyfikę przedsiębiorstwa i sezonowość występowania zjawisk mających wpływ na wynik energetyczny.

Opisane doświadczenia dowodzą przydatności i skuteczności wdrożenia takiego systemu i pomimo biurokracji niezbędnej przy funkcjonowaniu systemu, to efekty warte są tego nakładu pracy. W czasie 3 lat funkcjonowania SZE (lata 2012-2015) uzyskano ponad 15% poprawę efektywności energetycznej oraz prawie 30% obniżenie kosztów ponoszonych na zakup energii. Cel główny przyjęty na lata 2012-2017 został zrealizowany na koniec 2015 roku co świadczy o poprawności wytypowanych do realizacji zadań i skuteczności podjętych działań. Analiza wskaźników wyniku energetycznego wykazuje słuszość ich stosowania, a wskaźniki cząstkowe monitorowane z interwałem miesięcznym obrazują konsumpcję energii w obiekcie i pozwalają na wychwytywanie nieprawidłowości pojawiających się podczas eksploatacji i wynikających z usterek oraz awarii urządzeń technicznych i technologicznych.

Słowa kluczowe: opłacalność, optymalizacja, oszczędność, przedsiębiorstwo

¹ Autor do korespondencji / corresponding author: Tomasz Dzik, Politechnika Warszawska, Zakład Mechatroniki i informatyki w transporcie, ul. Koszykowa 75, Warszawa; tel. 783833640; tdzik@op.pl

² Renata Dzik, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Ciechanowie, Zakład Ekonomii, ul. Narutowicza 9, 06-400 Ciechanów; rdzik@op.pl

1. Wprowadzenie

System zarządzania energią (SZE) jest narzędziem, które pomaga obniżyć koszty działalności i zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych zapewniając przez to przewagę konkurencyjną organizacji przyjmującej taki model zarządzania.

SZE pozwala na systemowe stosowanie praktyk umożliwiających efektywne wykorzystywanie energii pierwotnej (zawartej w nośnikach energii pozyskiwanych bezpośrednio ze środowiska np. paliwa kopalne) jak i energii finalnej (zużywanej przez odbiorców końcowych).

Standard ISO 50001 jest skoncentrowany na zagadnieniu, jakim są aspekty energetyczne związane z prowadzeniem działalności oraz mierzalne wyniki zarządzania nimi. Staje się przez to skutecznym narzędziem do osiągnięcia korzyści ekonomicznych związanych z poprawą efektywności energetycznej swoich procesów i instalacji.

W dobie rosnących kosztów gospodarki energetycznej wszystkie te organizacje, które są zainteresowane zmniejszaniem kosztów działalności poprzez efektywne zarządzanie swoimi zasobami energetycznymi powinny zainteresować się możliwościami, jakie daje wdrożenie SZE.

Idea SZE zgodnie ze standardem ISO 50001 została przedstawiona na rysunku nr 1.



Rys. 1. Idea Systemu Zarządzania Energią zgodnie ze standardem ISO 50001 [1]

Fig. 1. Idea of Energy Control System according to ISO 50001 [1]

Czynności zgodnie z przedstawioną ideą wykonywane są cyklicznie tworząc zamknięty obieg. Obejmują one cztery etapy:

- etap 1 (zaplanuj) - polega na określaniu zamierzeń i celów oraz zobowiązań prawnych,

- etap 2 (wykonaj) - faza realizacji polegająca na przydzieleniu zasobów i odpowiedzialności, podniesieniu świadomości w organizacji, przeprowadzeniu szkoleń, utworzeniu dokumentacji, itp.,
- etap 3 (sprawdź) - sprawdzenie dokonane poprzez ustanowienie monitoringu programu, zarządzania energią, przeprowadzanie wewnętrznych audytów systemów zarządzania energią,
- etap 4 (zastosuj) – polega na wprowadzeniu zmian ustalonych w poprzednim etapie.

Efektywność energetyczna to stosunek uzyskanej wielkości efektu użytkowego (uzyskanego w wyniku dostarczenia energii w szczególności: wykonanie pracy mechanicznej, zapewnienie komfortu cieplnego, oświetlenie), danego obiektu urządzenia technicznego lub instalacji, w typowych warunkach ich użytkowania lub eksploatacji, do ilości zużycia energii przez ten obiekt, urządzenie techniczne lub instalację, niezbędnej do uzyskania tego efektu [1].

Przedsięwzięcia służące poprawie efektywności ekonomicznej to działania, których celem jest osiągnięcie danego efektu przy wykorzystaniu jak najmniejszej ilości dostępnych zasobów lub też osiągnięcie najlepszego rezultatu przy wykorzystaniu określonej ilości zasobów [1].

Ważnym elementem poprawy wyniku energetycznego jest audyt energetyczny definiowany, jako systematyczna procedura pozwalająca na zdobycie odpowiedniej wiedzy o profilu istniejącego zużycia energii danego budynku lub zespołu budynków, operacji lub instalacji przemysłowej oraz usług prywatnych lub publicznych, która określa i kwantyfikuje możliwości opłacalnych ekonomicznie oszczędności energetycznych oraz informuje o wynikach [2].

2. Charakterystyka obiektu

W artykule dokonano analizy obiektu technologiczno – biurowego o wysokim standardzie budowlanym. Budynek ten oddano do użytkowania w 2007 roku. Profil obciążenia energetycznego obiektu przedstawia się następująco:

- wentylacja i klimatyzacja bytowa - 35%,
- klimatyzacja precyzyjna - 30%,
- zasilanie bezprzerwowe (UPS) – 20%,
- oświetlenie - 10%,
- inne – 5%.

W obiekcie znajdują się pomieszczenia serwerowni z klimatyzacją precyzyjną tworzące centrum gromadzenia i przetwarzania danych. Zasilanie podstawowe realizowane jest przez cztery linie średniego napięcia (15kV) i posiada rozbudowaną infrastrukturę elektryczną. Zasilanie gwarantowane oparte jest na zespole prądotwórczym z silnikiem Diesla. Pomieszczenia serwerowni z urządzeniami teleinformatycznymi oraz sieć komputerowa zasilana jest poprzez urządzenia zasilania bezprzerwowego (UPS).

W budynku przedsiębiorstwa mimo zastosowania nowoczesnych i energooszczędnych technologii można wyszukać obszary do doskonalenia efektywnościowego. Poniżej zostały przedstawione przykładowe działania służące poprawie efektywności energetycznej.

3. Skuteczne działania służące poprawie efektywności energetycznej

Działania proefektywnościowe poprzedzone zostały audytem energetycznym, który określił wartość bazową zużycia energii elektrycznej, do której odnoszone są skutki przeprowadzonych działań. W audycie zostały również określone obszary doskonalenia oraz harmonogram sukcesywnej realizacji założonych zadań. Główne zagadnienia na które zwrócono uwagę to moc zamówiona, zakup energii elektrycznej zgodnie z zasadą TPA (Third Party Access), kampania informacyjno – promocyjna oraz niskonakładowe działania operacyjne w obiekcie.

3.1. Ograniczenie mocy zamówionej

Na etapie projektu wykonawczego moc maksymalna obiektu została oszacowana na poziomie 5 000 kW z następującym podziałem:

- 1 600 kW z przyłącza 1 i 2,
- 900 kW z przyłącza 3 i 4.

Podczas eksploatacji siedziby gromadzone były informacje na temat rzeczywistego profilu obciążenia obiektu. Na bazie tych danych zostały podjęte decyzje bezpiecznego ograniczania mocy zamówionej. W kolejnych latach ograniczano moc zamówioną i w roku 2016 roku wynosi ona 2 400 kW z następującym podziałem:

- 900 kW z przyłącza 1,
- 650 kW z przyłącza 2,
- 440 kW z przyłącza 3,
- 410 kW z przyłącza 4.

Monitorowanie i analizowanie profili obciążenia obiektu umożliwiło bezpieczne ograniczenie mocy zamówionych o 52%.

3.2. Zakup energii elektrycznej zgodnie z zasadą TPA

W 2012 roku poprzez przejście na zakup energii zgodnie z zasadą TPA została obniżona cena energii elektrycznej o 72 zł/MWh z 280 zł/MWh do 208 zł/MWh, która zaczęła obowiązywać od stycznia 2013 roku. Kolejne postępowanie przetargowe na zakup energii elektrycznej na wolnym rynku pozwoliło na kolejne ograniczenia ceny i w roku 2016 wynosi ona 190 zł/MWh. Szczegółowe dane zostały przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie cen energii elektrycznej dla przedsiębiorstwa

Table 1. Comparison of electric energy prices for logistic enterprise

Lp.	Rok/miesiąc realizacji	Dystrybucja 1 [zł/MWh]	Dystrybucja 2 [zł/MWh]	Dostawca energii [zł/MWh]
1.	Do 2012/03	270	290	-
		Średnia: 280		
2.	2013/01	-	-	208,23
3.	2014/01	-	-	184,87
4.	2015/01			203,67
5.	2016/01			190,13

Zakup energii elektrycznej zgodnie z zasadą TPA na przestrzeni 4 lat pozwolił na obniżenie ceny energii elektrycznej o ok. 90 zł/MWh z 280 zł/MWh do 190 zł/MWh.

3.3. Kampania informacyjno - promocyjna

Ważnym elementem poprawy efektywności energetycznej w PSE S.A. było przeprowadzenie kampanii informacyjno – promocyjnej. Celem kampanii było spopularyzowanie dobrych praktyk pozwalających oszczędzać i efektywnie korzystać z energii. Kampania polegała na edukacji i komunikacji skupiającej się na:

- uświadamianiu o rodzajach i źródłach energii,
- informowaniu o kosztach i wpływie wytwarzania energii na środowisko naturalne,
- informowaniu konsumenta o ekonomicznych i środowiskowych skutkach nieracjonalnego zużycia energii,
- uświadamianiu o indywidualnej odpowiedzialności i prowokowaniu do małych, pozytywnych zmian w codziennym stylu życia.

Przykładem kampanii była inicjatywa zachęcająca pracowników do bardziej energooszczędnej postawy w miejscu pracy. W ramach tej inicjatywy pracownicy otrzymywali podstawowe wskazówki dotyczące racjonalnego zużycia energii poprzez akcję reklamową (plakaty, postery, ulotki) oraz stronę intranetową.

3.4. Inicjatywy oszczędnościowe w ramach działań operacyjnych służb technicznych obiektu

W ramach działań operacyjnych wytypowano i zrealizowano szereg przedsięwzięć cechujących się brakiem lub niskimi nakładami inwestycyjnymi oraz krótkim okresem zwrotu. Zostały przeprowadzone następujące działania:

- a) likwidacja mocy biernej na przyłączach zasilających,
- b) montaż czujników ruchu w węzłach sanitarnych, kuchenkach oraz w garażu z optymalizacją ich pracy,

- d) montaż dodatkowego wyłącznika zegarowego w szafie automatyki fontann z ustawieniem optymalnych czasów ich działania,
- e) racjonalizacja liczby źródeł światła w korytarzach budynku,
- f) wymiana świecących powyżej 10 godzin/dobę opraw oświetleniowych na oprawy LED,
- g) wymiana podzespołów opraw oświetlenia zewnętrznego (standardowych dławików do źródeł metalohalogenkowych) na inteligentne i programowalne moduły elektroniczne na parkingach zewnętrznych,
- h) zmiana nastaw w układzie regulacji kotłów (nachylenie i przesunięcie wykresu regulacyjnego, praca na niższych parametrach obiegowych przy niskich temperaturach zewnętrznych),
- i) implementacja programów czasowych central wentylacyjno-klimatyzacyjnych (niższe wydajności w okresach nocnych i weekendowych),
- j) wyłączanie nawilżaczy parowych w godzinach popołudniowych, nocnych i weekendowych,
- k) brak przepływu medium grzewczego i chłodniczego przez belki grzewczo-chłodzące i klimakonwektory w okresach weekendowych – urządzenia nie pracują ani w funkcji grzania, ani chłodzenia.

4. Wyniki działań proefektywnościowych

Wskaźnik globalnego zużycia energii elektrycznej w siedzibie przedsiębiorstwa oraz wskaźnik globalnych opłat za energię elektryczną (koszty zużytej energii elektrycznej i dystrybucji) w latach 2010-2016 mają stałą tendencję w kierunku ograniczania ilości zużywanej energii oraz zmniejszania kosztów eksploatacyjnych przeznaczanych na zakup energii elektrycznej. Zestawienie tych wskaźników zostało przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie wskaźników globalnych dotyczących energii elektrycznej wraz z dynamiką

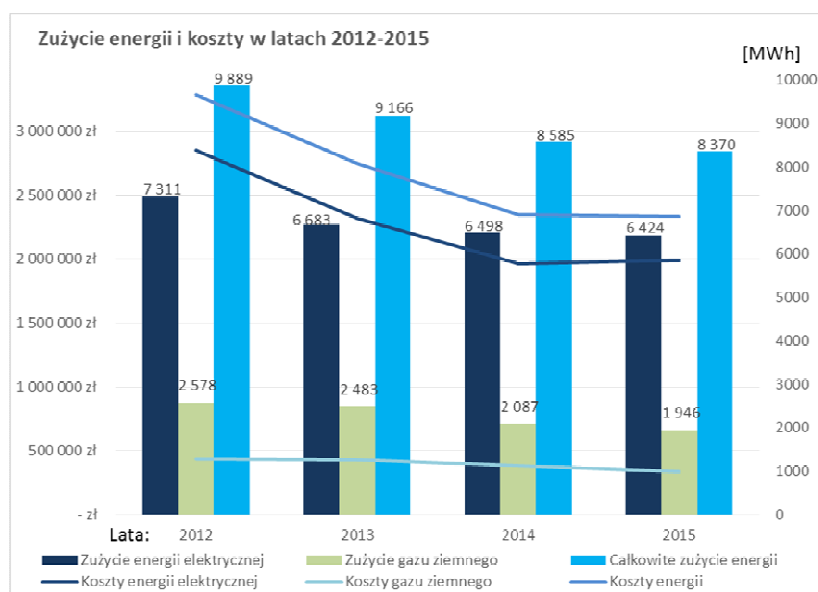
Table 2. Comparison of global indicators concerning electric energy along with a dynamic

Rok	Zużycie energii elektrycznej	Oszczędności w skali danego roku	Dynamika ((rok bieżący - rok poprzedni) / rok poprzedni) * 100%	Kwota netto opłat za energię elektryczną	Oszczędności	Dynamika ((rok bieżący - rok poprzedni) / rok poprzedni) * 100%
	[MWh]	[MWh]	[%]	[tys. zł]	[tys. zł]	[%]
2010	7 803,2			3 046,20		
2011	7 569,1	234,10	-3,00	3 058,90	-12,70	0,42
2012	7 232,4	336,70	-4,45	2 815,80	243,10	-7,95
2013	6 621,5	610,90	-8,45	2 285,40	530,40	-18,84
2014	6 498,2	123,3	-1,86	1 966,90	318,5	-13,94
2015	6 497,6	0,6	-0,01	1 992,50	-25,6	1,3

* strata związana ze wzrostem cen energii elektrycznej

Na przedstawione wyniki składają się głównie działania opisane powyżej polegające na ograniczeniu mocy zamówionej, przejściu na zakup energii elektrycznej zgodnie z zasadą TPA, aktywne uczestnictwo w kampanii promocyjno - informacyjnej oraz szereg innych inicjatyw związanych z eksploatacją obiektów.

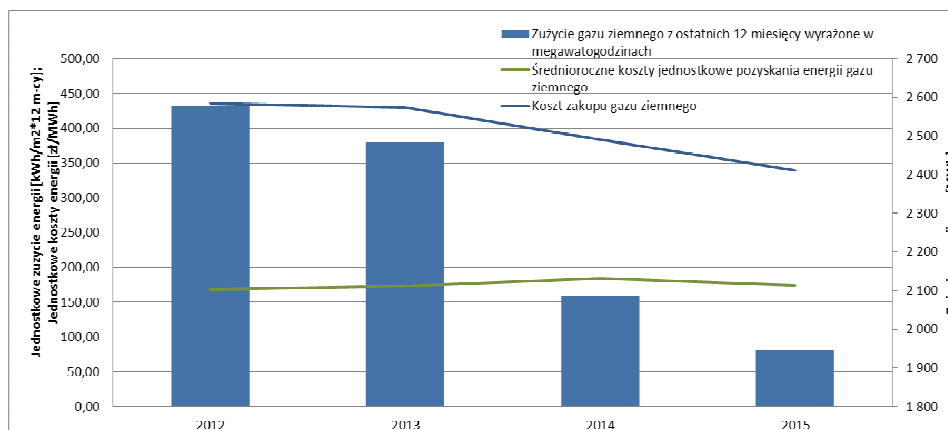
Kształtowanie się kosztów zakupu oraz zużycia energii z podziałem na energię elektryczną, paliwo gazowe i sumaryczne zużycie energii zostało przedstawione na rysunku nr 2.



Rys. 2. Koszty zakupu oraz zużycie energii

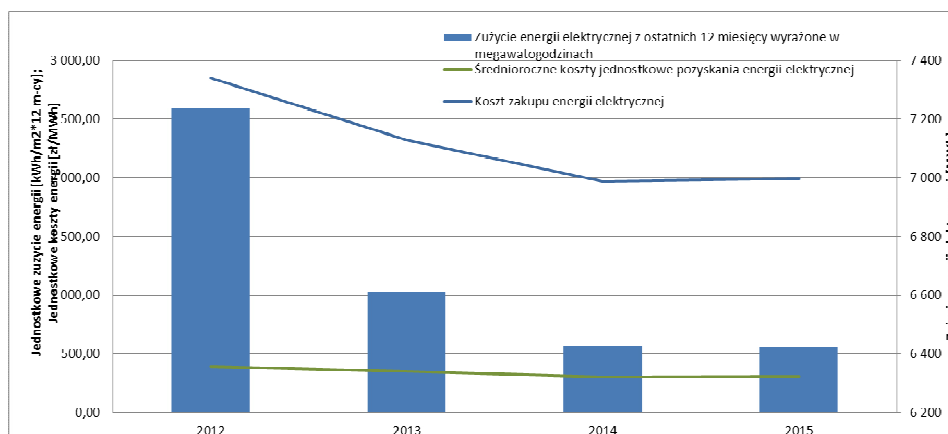
Fig. 2. Costs of purchase and use of energy

Zweryfikowano wynik energetyczny [2] w odniesieniu do energii bazowej ustalonej w roku 2012. Kształtowanie się wskaźników wyniku energetycznego zostało przedstawione na rysunku nr 3 dla paliwa gazowego oraz rysunku nr 4 dla energii elektrycznej.



Rys. 3. Koszty zakupu oraz zużycie paliwa gazowego

Fig. 3. Costs of purchase and use of gas fuel



Rys. 4. Koszty zakupu oraz zużycie energii elektrycznej

Fig. 4. Costs of purchase and use of electric energy

Dane liczbowe dotyczące wskaźników wyniku energetycznego zostało przedstawione w tabeli nr 1.

Tabela 3. Wskaźniki wyniku energetycznego w latach 2012-2015

Table 3. Indicators of energy result years 2012-2015

Wskaźnik	Jednostka	Wartość w roku			
		2012	2013	2014	2015
E_g	[MWh]	2 578	2 483	2 087	1 946
E_e	[MWh]	7 311	6 683	6 498	6 424
ΔE_j	[-]	-	27,2	49,1	54,4
K_{eg}	[zł/MWh]	169	173	184	174
K_{ee}	[zł/MWh]	390	347	303	306
K_e	[zł/MWh]	332	300	274	276

Wskaźnik zużycia gazu ziemnego E_g w latach 2012-2015 wykazuje tendencję spadkową. W roku 2015 nastąpiło obniżenie zużycia gazu ziemnego o 632 MWh co stanowi 24% w stosunku do energii bazowej (2012 r.).

Wskaźnik zużycia energii elektrycznej E_e w latach 2012-2015 również wykazuje tendencję spadkową. W roku 2015 nastąpiło obniżenie zużycia energii elektrycznej o 887 MWh co stanowi 12% w stosunku do energii bazowej (2012 r.).

W 2015 r. nastąpiło obniżenie całkowitego zużycia energii o 1519 MWh co stanowi 15,4% w stosunku do energii bazowej. **Zaplanowany cel określony dla końca roku 2017 na poziomie 15% został osiągnięty.**

Wskaźnik różnicy sumarycznego zużycia energii na m^2 powierzchni budynku i energii bazowej ΔE_j w latach 2012-2015 wykazuje tendencję wzrostową.

Wskaźnik średniorocznych kosztów jednostkowych pozyskania energii gazu ziemnego K_{eg} wykazuje tendencję spadkową w stosunku do 2014 r. i zbliżył się wartości z 2013r. Koszt jednostkowy pozyskania energii gazu w 2015r. jest o 5 zł/MWh wyższy od kosztu jednostkowego w roku bazowym (2012r.) co stanowi 2,9%, jednocześnie niższy o 10 zł/MWh w stosunku do 2014r. co stanowi 5,7%. Jest to związane ze zmianami ceny jednostkowej za paliwo gazowe oraz wartości opłat sieciowych wynikających z działań optymalizacji mocy umownej.

Wskaźniki średniorocznych kosztów jednostkowych pozyskania energii elektrycznej K_{ee} oraz średniorocznych kosztów jednostkowych pozyskania energii K_e wykazują tendencję spadkową. W 2015r. nastąpił spadek o 84 zł/MWh dla energii elektrycznej w stosunku do 2012r. co stanowi 21,5% oraz o 56 zł/MWh sumarycznie dla energii w stosunku do 2014r. co stanowi 16,8%. Spadki te wynikają z podjętych działań w zakresie obniżenia mocy zamówionej.

5. Podsumowanie

Z przedstawionych powyżej analiz wynika, iż przedstawione inicjatywy przynoszą wymierne efekty. W 2016 roku zmniejszono globalne zużycie energii elektrycznej o ponad 600 MWh w stosunku do poprzedniego roku. Koszty poniesione na zakup energii elektrycznej w 2013 roku zostały zmniejszone o ponad 530 tys. zł porównując z 2012 rokiem. Dynamika zmian podstawowych wskaź-

ników wykazuje prawidłowe tendencje (ujemne wartości wskaźników). Na szczególną uwagę zasługuje dynamika zmiany wskaźnika opłat za energię elektryczną (koszty zużytej energii elektrycznej i dystrybucji) w 2013r. w stosunku do 2012r., która wynosi ponad 18%.

Literatura

- [1] Ustawa o efektywności energetycznej z dnia 15 kwietnia 2011 r., Dziennik Ustaw Nr 94, Poz. 551.
- [2] PN-EN ISO 50001:2012 „Systemy zarządzania energią - Wymagania i zalecenia użytkownika”, 2012.
- [3] Dyrektywa 2012/27/UE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 października 2012 roku w sprawie efektywności energetycznej.
- [4] M. Trojnacki, K. Szołtys „Zarządzanie energią źródłem przewagi konkurencyjnej” Harvard Business Review, 2012.

ENERGY AND ECONOMIC EFFICIENCY OF COMPANY OPERATIONS – EXPERIENCE OF IMPLEMENTING THE ENERGY CONTROL SYSTEM

S u m m a r y

The article presents experiences with implementation and operations of energy control system (ECS) according to ISO 50001 in big company. Described is a way of conducting of energy check, defining basic energy and designing representative indicators allowing for the control over results of investing enterprises serving increase of energy and economic efficiency conducted within the system. Energy check is essential for ECS and carrying it on correctly has a key meaning for efficiency of the system. Another key elements of the check are indicators, which should be simple and understandable and include the specificity of enterprise and seasonality of certain occurrences that influence energy results. Described experiences prove helpfulness and efficiency of implementation of such a system and despite bureaucracy necessary with operation of the system, the effects are worth the effort. In 3 years time of ECS operation (years 2012-2015) obtained were 15% of energy efficiency growth and almost 30% decrease of energy purchase costs. The main goal for years 2012-2017 was obtained by the end of 2015 which proves the correctness of selected tasks and efficiency of measures taken. The analysis of indicators of energy result shows validity of their usage and partial indicators monitored with a monthly interval picture energy consumption in the object and allow to catch irregularities showing up during operation and resulting from accidents and flaws of technical and technological devices.

Keywords: profitability, optimization, saving, company

Przesłano do redakcji: 29.11.2017 r.

Przyjęto do druku: 29.12.2017 r.