

УДК:620.92

Д. А. Шокарев, канд. техн. наук,
Г. Ю. Рыков,
К. П. Богодист

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В УСЛОВИЯХ ПАО «АвтоКрАЗ»

***Аннотация.** В статье предложены мероприятия по энергосбережению и снижению доли энергопотребления в себестоимости продукции на предприятии ПАО «АвтоКрАЗ» которые являются достаточно эффективными, так как имеют значительную годовую экономию по сравнению с предыдущим оборудованием и уже частично себя окупают. Проведен предварительный энергетический аудит, были предложены мероприятия по снижению энергопотребления, сокращению прямых и косвенных расходов на производство и себестоимость продукции.*

***Ключевые слова:** энергосбережение, энергоаудит, трансформаторная подстанция, горячее водоснабжение.*

Д. А. Шокарьов, канд. техн. наук,
Г. Ю. Рыков,
К. П. Богодист

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В УМОВАХ ПАТ «АвтоКрАЗ»

***Анотація.** У статті запропоновані заходи з енергозбереження та зниження частки енергоспоживання в собівартості продукції на підприємстві ПАТ «АвтоКрАЗ» які є досить ефективними, так як мають значну річну економію в порівнянні з попереднім обладнанням і вже частково себе окупають. Проведено попередній енергетичний аудит, були запропоновані заходи щодо зниження енергоспоживання, скорочення прямих і непрямих витрат на виробництво і собівартість продукції.*

***Ключові слова:** енергозбереження, энергоаудит, трансформаторна підстанція, гаряче водопостачання.*

D. Shokarov, PhD,
G. Rykov,
K. Bohodyst

DEVELOPMENT OF ACTIONS FOR ENERGY SAVING IN CONDITIONS OF PJSC “AutoKrAZ”

***Summary.** In the article the actions for energy saving and decrease in a share of energy consumption in the product cost at the enterprise PJSC “AutoKrAZ” are offered which are rather effective as they have considerable annual economy in the comparison with the previous equipment and already partially pay for themselves. The preliminary power audit, has been done; actions for the decrease in energy consumption, the reduction direct and indirect expenses on the production and the product cost have been offered.*

***Key words:** energy saving, energy audit, transformer substation hot water supply.*

Введение. В условиях постоянного роста цен на энергоносители, актуальными являются вопросы энергосбережения. Учитывая важность проблемы сбережения энергии в глобальном масштабе, практически во всех странах проводятся различные мероприятия, призванные уменьшить количество потребляемой энергии как в промышленной, так и в социальной сферах. Основными задачами по вопросам энергосбережения является определение общего существующего и перспективного потенциала мероприятий по экономии энергетических ресурсов, разработка

основных направлений его реализации, создание программы первоочередных мероприятий и заданий по повышению энергоэффективности и освоения практического потенциала энергосбережения.

Целью работы является разработка предложений относительно мероприятий по энергосбережению и снижению доли энергопотребления в себестоимости продукции на ПАО «АвтоКрАЗ». Программа по энергосбережению проводится в два этапа. В первый период особое внимание уделяется прекращению неоправданного потребления топ-

лива и энергии, обеспечению внедрения в жизнь некапиталоёмких энергосберегающих мероприятий. Второй этап связан с внедрением мероприятий по повышению энергоэффективности существующего технического и технологического потенциала [1,5].

Материалы исследования. ПАО "АвтоКрАЗ" – автомобилестроительное предприятие, специализируется на производстве 25 базовых моделей карьерных самосвалов, бортовых автомобилей, лесовозов,

седельных тягачей, автомобилей повышенной проходимости для армии, а также установок для обслуживания добычи нефти и газа и более 150 комплектаций автомобильной техники. Для анализа энергопотребления на предприятии был проведён энергоаудит, рассмотрены годовые затраты на энергоносители. Годовые затраты на энергоносители в 2013, 2014 и первом полугодии 2015 г. приведены в табл. 1.

1. Соотношение годовых затрат на энергоносители

Энергоноситель \ Год	Электроэнергия		Природный газ	Вода и канализация
	активная	реактивная		
	грн. (с НДС)	грн. (с НДС)	грн. (с НДС)	грн. (с НДС)
2013	46758444,78	151604,48	9852841,54	2632183,91
2014	54351091,85	165410,23	16770158,33	2872415,78
I полугодие 2015	32710352,24	132904,42	11422980,12	2092411,10

Анализируя график потребления электроэнергии, приведенный на рис. 1, можно сделать вывод о небольшой сезонности электропотребления.

Электроснабжение осуществляется от сетей Полтаваоблэнерго через ПСт 154/6 кВ, которая расположена на территории завода. Точкой балансового разграничения является низкая сторона вводных трансформаторов 154/6 кВ. Установленная мощность 96 МВА, присоединенная мощность 64 МВА.

Компенсация реактивной мощности осуществляется с помощью компенсирующих установок (КУ), присоединенная мощность которых 17 Мвар., из них высоковольтных 14,7 Мвар., низковольтных 2,3 Мвар. Также в качестве источников реактивной мощности выступают высоковольтные синхронные двигатели, присоединенная мощность которых составляет 7025 кВт.

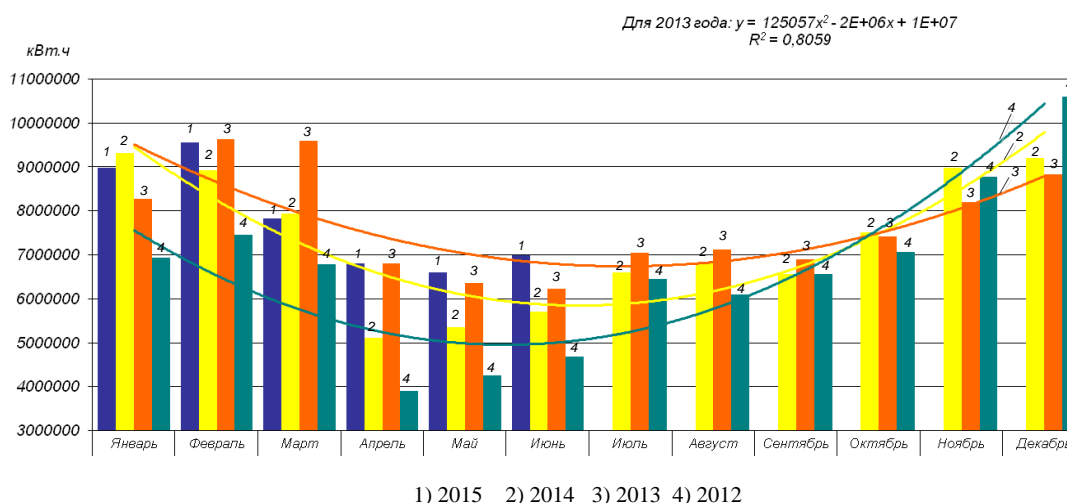


Рис. 1 Динамика потребления активной электрической энергии за 2012 – 2015 годы.

В структуре затрат на энергоносители электроэнергия составляет значительную часть (50...60%), поэтому рациональное использование энергии должно стать приоритетной задачей соответствующих служб предприятия.

В формировании суточных графиков нагрузки базовую составляющую (т.е. в нерабочее время) летом образуют такие потребители: компрессорная станция (2 турбокомпрессора работающих в режиме холостого хода), станции оборотного водоснабжения, станции хозяйственного водоснабжения, малярный участок, термический цех (работает круглосуточно и имеет в своем составе большое количество мощного электропотребляющего печного оборудования), освещение.

В зимнее время к этим потребителям добавляется электропотребляющее оборудование котельных, насосы системы теплоснабжения, установки воздушного отопления, работающие круглосуточно.

Паровая котельная начинает работать с 5-00 и выходит на номинальный режим работы к началу рабочей смены. Летом котельная останавливается к 17-00, а зимой выводится в минимальный режим и работает на компенсацию тепловых потерь в сети и поддержания минимальных температур в технологическом оборудовании. Также с началом рабочей смены компрессорная станция переводится из режима холостого хода в номинальный режим работы.

В рабочее время основную долю потребления составляют технологические потребители (станочный парк, технологические линии, сварочное оборудование), работа которых придает графику форму, соответствующую типовому графику работы машиностроительного предприятия в односменном режиме.

Реактивная энергия, потребляемая предприятием, частично компенсируется собственными источниками, частично потребляется из сети. Предприятие располагает своими достаточно мощными источниками реактивной энергии, но использует их не рационально, что можно видеть по объемам потребления. Компенсация реактивной мощ-

ности на предприятии осуществляется в основном в ручном режиме и поэтому необходимо обратить внимание на более точное отслеживание изменений графика нагрузки предприятия с целью минимизации затрат на потребление реактивной энергии.

В балансе потребления электроэнергии основными группами потребителей значительную долю составляет технологическое потребление, двигательная нагрузка систем отопления и вентиляции носит явно выраженный сезонный характер, а доля осветительной нагрузки примерно постоянна и не зависит от времени года.

В электропотреблении технологических производств лидирующее место занимает агрегатное производство (зима 32,9%, лето 41,82%), что объясняется значительным электропотреблением сталелитейного цеха (зима 23,33%, лето 41,7%) в котором установлены дуговые сталеплавильные печи и термического цеха (зима 23,81%, лето 29,13%) в котором установлено большое количество мощного печного оборудования, поэтому рационализация режимов работы этих цехов может оказать существенное влияние на электропотребление предприятия в целом.

Баланс потребления электроэнергии по цехам и производствам также носит явно выраженный сезонный характер, что обуславливает потребление вспомогательного производства (зима 34,39%, лето 30,23%), это объясняется работой отопительной котельной в зимний период. Значительную долю электропотребления обслуживающего производства составляет работа компрессорной станции (зима 56,1%, лето 68,62%), станций оборотного водоснабжения (зима 13,25%, лето 19,46%), а также котельных (зима 24,85%, лето 4,1%), поэтому на оптимизацию работы этих потребителей следует обратить внимание в первую очередь.

Динамика потребления газа представлена на рис. 2. Потребление характеризуется явно выраженной сезонностью. Анализируя приведенный график можно сделать вывод, что количество потребленного газа в первую очередь зависит от температуры наружного воздуха (т.е. нагрузки системы отопления).

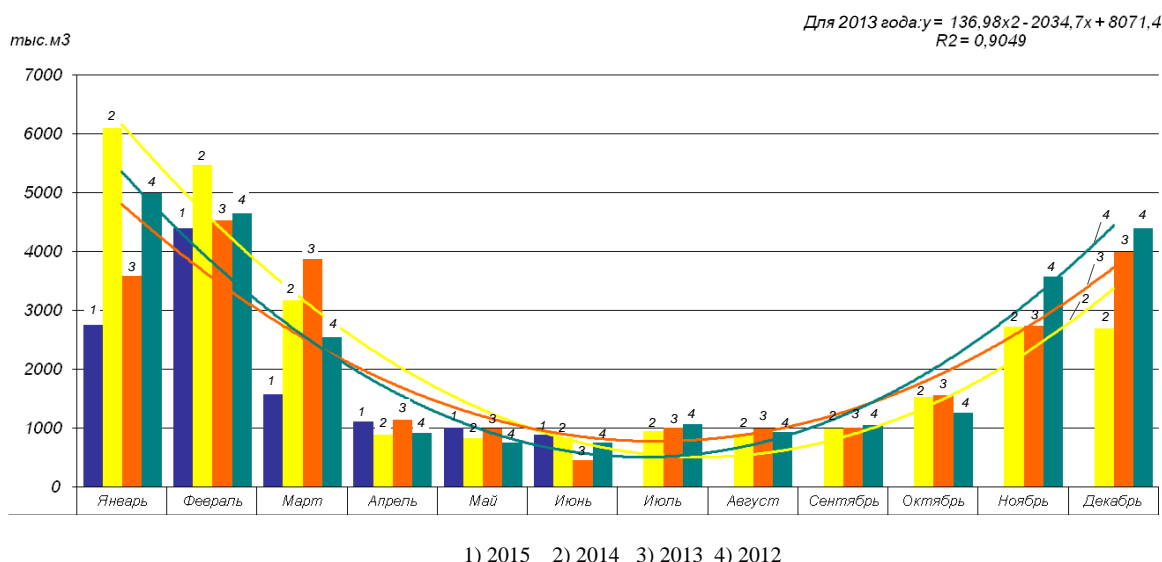


Рис. 2 Динамика потребления природного газа за 2012 – 2015 годы.

Для целей отопления используются два котла ПТВМ 50 с суммарной выработкой тепла составляющей приблизительно 105 Гкал в час. В тоже время, в соответствии с проектом тепловая нагрузка завода составляет 180 Гкал. Необходимая разница тепловой энергии ранее приобреталась предприятием у ТЭЦ. В последние годы предприятие отказалось от использования тепловой энергии от ТЭЦ. Таким образом, предприятие работает в режиме дефицита тепловой энергии, который должен быть покрыт за счет собствен-

ной выработки, что приведет к увеличению потребления газа. В качестве основного топлива котлов используется природный газ, резервным топливом является мазут. Теплоснабжение осуществляется по тепловым сетям, паропроводам и конденсатопроводам. На предприятии вырабатывается тепловой энергии меньше, чем фактическая нагрузка. На предприятии в 2015 г. отопительный период составил 5,5 месяцев. Данные приведены в табл. 2.

2. Данные о потреблении природного газа на отопление

	Потребление газа на отопление, тыс. м ³	Количество произведенной теплоты, тыс. Гкал	Средняя температура, °С
Январь 2015	4940	38820	-8
Февраль 2015	4065	31250	-5,1
Март 2015	1904	14410	0,4
Ноябрь 2015	1389	10510	3
Декабрь 2015	1255	9500	2

Таким образом, в 2015 г. для 100% покрытия тепловой нагрузки при действующей системе теплогенерации на котельной и теплоснабжения подразделений, предприятие должно было дополнительно использовать 15716 тыс. м³ природного газа, что составляет 57,8% от общего потребления газа заводом.

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что потребление газа на предприятии

в большей степени зависит от температуры окружающей среды и в меньшей определяется объемами выпуска продукции. Это также может быть объяснено существующей системой качественного регулирования систем, использующих газ, только по одному параметру, а именно по температуре.

В связи с вышесказанным, необходимо провести анализ технологических процессов, использующих газ и технологический пар,

для определения возможности регулирования потребления газа в зависимости от загрузки. Таким образом, необходимо оптимизировать загрузку технологического оборудования с целью снижения расхода газа на производство пара.

Динамика потребления воды представлена на рис. 3. Из графика можно сделать вывод, что потребление воды практически не

имеет явно выраженной сезонности. Суммарное годовое потребление воды за 2012-2014 годы практически не изменяется и составляет около 2270 тыс. м³/год. Необходимо отметить несколько большее потребление воды в феврале – марте, т.к. эти месяцы являются наиболее холодными в году, и значительное количество воды расходуется для отопления и ГВС.

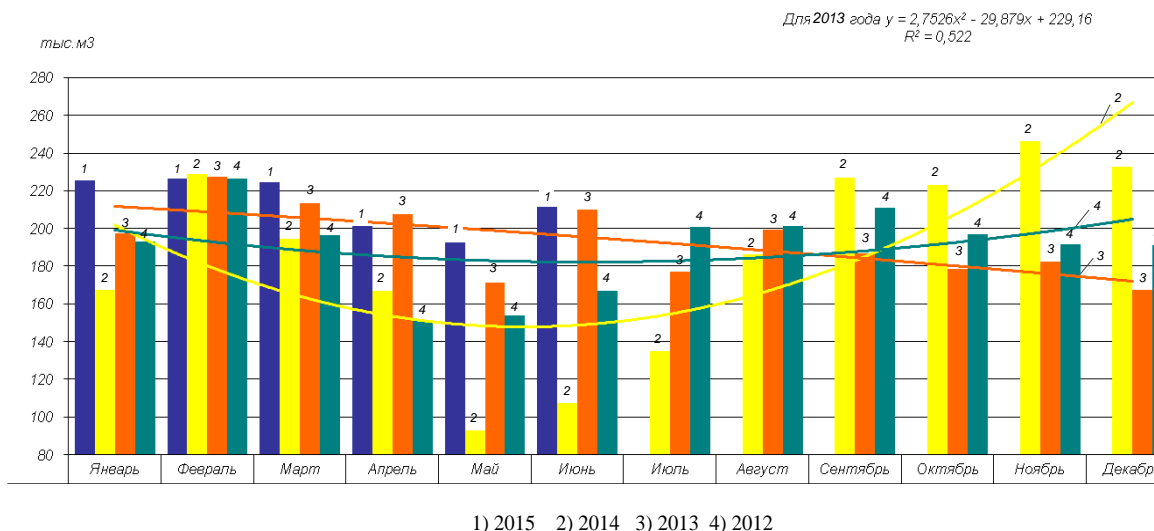


Рис. 3 Динамика потребления воды и канализации за 2012 – 2015 годы

В результате проведенного анализа были выделены следующие мероприятия по повышению энерго-эффективности.

1. Централизованная ТЭЦ на базе газотурбинной установки (ГТУ).

На предприятии не генерируется собственная электроэнергия. Базовая электрическая нагрузка в летний период составляет приблизительно 5.4 МВт. В зимний период приблизительно 7.4 МВт. Предлагается установить ГТУ мощностью 8 МВт для покрытия базовых нагрузок и частично пиковых нагрузок в летний период. Установка такой ГТУ позволит вырабатывать 59039 тыс. кВт*час электроэнергии и 60509 Гкал в год. Производительность по пару составит приблизительно 22 т/ч.

Затраты на ввод в эксплуатацию когенерационной установки составляют приблизительно 7200 тыс. \$.

Ожидаемая экономия за год 3 994 528 \$. Простой срок окупаемости: 1,8 года.

2. Централизованная ТЭЦ на базе паротурбинной установки (ПТУ).

Предлагается провести замену одного из котлов ДЕ 25-14 ГМ на более мощный котел с производительностью перегретого пара 45-50 т/ч. Такая замена позволит установить турбину с противодавлением ~5.4 МВт. Затраты на ввод в эксплуатацию ориентировочно составляют 5.5 млн. \$.

Ожидаемая экономия за год: 1 551 446 \$. Простой срок окупаемости 3.5 года.

3. Централизованная ТЭЦ на базе ПТУ. Внедрение ТЭЦ на угле. В настоящее время предприятие работает с дефицитом 15716 м³ в год. Предлагается установить турбину с противодавлением на 5.4 МВт для покрытия базовых нагрузок, 2 паровых котла для обеспечения завода технологическим паром и ГВС, а также 2 водогрейных для обогрева зданий и сооружений завода в отопительный период. Сооружение новой ТЭЦ на угле сэкономит 42905 тыс. м³ природного газа ежегодно и полностью покрывает потребность предприятия в тепловой энергии.

Затраты на ввод в эксплуатацию ориентировочно составляют 50 млн. \$.

Экономический эффект от внедрения ТЭЦ 9848202 \$. Простой срок окупаемости составляет 5 лет.

4. Локальные ТЭЦ на базе газопоршневых двигателей.

Предлагается установка 4 газопоршневых КГУ установленной электрической мощностью по 1.4 МВт. Суммарная выработка пара составит ~ 4 т/ч. Дополнительно будет вырабатываться тепло в количестве ~ 0.6 Гкал в час. Установка локальных теплогенераторов совместно с газопоршневыми КГУ позволит сэкономить приблизительно 40-45% тепла, теряемого при производстве и транспортировке пара.

Таким образом, потребность предприятия в паре составит 30 т/ч

Затраты на ввод в эксплуатацию. Ориентировочная стоимость установки КГУ 4.5 млн \$. Стоимость установки теплогенераторов 1.2 млн. \$.

Экономический эффект от внедрения газопоршневых КГУ – 2 453 010 \$. Простой срок окупаемости 2.3 года.

5. Утилизация древесных и других горючих отходов.

На предприятии ежемесячно образуется 40 тонн древесных отходов. Такого количества достаточно для выработки ~96 Гкал тепла ежемесячно. Так же на предприятии образуется промасленная ветошь, в количестве ~2 тонн которую так же возможно использовать в качестве топлива. Предлагается установить котел мощностью 1 МВт и складировать древесные отходы для использования в отопительный период.

Предлагается внедрение водогрейного котла для работы на древесных отходах. Водогрейный котел мощностью 1 МВт предлагается использовать для обеспечения теплом, например, инженерного корпуса.

Затраты на ввод в эксплуатацию ориентировочно составят 80 тыс. \$.

Ожидаемый экономический эффект от установки котла – 769 208 \$. Простой срок окупаемости мероприятия 1.6 года.

6. Утилизация теплоты уходящих газов печей.

На предприятии имеются 8 печей в инструментально-штамповочном цеху, 4 печи СТЦА и 5 печей "Пекат-1,3" в термиче-

ском цеху и 2 печи в сталелитейном цеху. КПД печей не превышает 18%. Температура уходящих газов находится в пределах 680-780 °С.

Предлагается установить котлы утилизаторы для использования теплоты уходящих газов на обеспечение предприятия горячим водоснабжением.

На печи за год расходуется ~ 1080 тыс.м³ природного газа. КПД печей составляет 18%. За счет установки котлов утилизаторов, возможно, экономить порядка 600 тыс. м³ природного газа в год.

Ориентировочная стоимость установки котлов – 400 тыс. \$. Экономический эффект от утилизации теплоты – 121800 \$. Простой срок окупаемости: 3.3 года

7. Внедрение САУ режимом горения котлов ДЕ-25 и ПТВМ-50.

На котельной установлено 4 котла ДЕ-25 и 2 котла ПТВМ-50. В работе летом находится 2 котла ДЕ-25 загруженные на 80% производительности, зимой 2 котла ПТВМ-50 загруженные на 50% производительности и 3 котла ДЕ-25 загруженные на 70% производительности. По результатам обследования загрузка вентиляторов составляет в среднем 40...80%. Исходя из этого, предлагается внедрить частотно регулируемый привод, позволяющий получить экономию электроэнергии на уровне 30...40%. Стоимость материалов составляет 425250 грн. Прочие расходы составляют 200 тыс. грн. Всего затраты составят 695250 грн.

Экономический эффект от реализации проекта– 439939,73 грн. Простой срок окупаемости 1,6 года

Выводы. Рассмотрев основные сведения о ПАО «АвтоКрАЗ», энергоэффективность работы, и уже существующие меры повышения энергоэффективности, мы пришли к выводу, что они являются достаточно эффективными, так как имеют значительную годовую экономию по сравнению с предыдущим оборудованием и уже частично себя окупают.

Предприятие должно разработать политику энергосбережения – публично декларируемые принципы и обязанности, связанные с аспектами энергосбережения деятельности предприятия и обеспечить

основу для установления его целей и задач энергосбережения.

Список использованной литературы

1. Соловей О. І. Енергетичний аудит : навчальний посібник [Текст] / О. І. Соловей, В. П. Розен, Ю. Г. Лега, О. О. Ситник, А. В. Чернявський, Г. В. Курбака. – Черкаси : ЧДТУ, 2005. – 299 с.

2. Фокин В. М. Основы энергосбережения и энергоаудита [Текст] / В. М. Фокин. – М. : Изд-во Машиностроение-1, 2006. – 256 с.

3. Праховник А. В. Энергетический менеджмент [Текст] / А. В. Праховник, А. И. Соловей, В. В. Прокопенко и др. – К.: ИЕЕ НТУУ “КПИ”, 2001. – 470 с.

4. Прокопенко В. В. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями : навчальний посібник [Текст] / Прокопенко В. В., Закладний О. М., Кульбачний П. В. – К.: Освіта України, 2008. – 438 с.

5. Богодист К. П. Оцінка енергетичної ефективності системи енергоспоживання ПАТ «АвтоКраз» [Текст] / К. П. Богодист, Я. С. Белевцов // Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів : – Кременчук, КрНУ, 2015. – С. 200-201.

Получено 05.05.2016

References

1. Solovej O.I. Energetichnij audit : navchal'nij posibnik [Text] / O.I. Solovej, V.P. Rozen, Ju.G. Lega, O.O. Sitnik, A.V. Chernjavskij, G.V. Kurbaka., Cherkasi, Ukraine, ChDTU, 2005. – 299 p.

2. Fokin V.M. Osnovy jenergosberezhenija i jenergoaudita [Text] / V. M. Fokin., Moskow., Mashinostroenie-1, 2006. – 256 p.

3. Prahovnik A.V. Jenergeticheskij menedzhment [Text] / A.V. Prahovnik, A.I. Solovej, V.V. Prokopenko., Kiev, IEE NTUU “KPI”, 2001. – 470 p.

4. Prokopenko V.V. Energetichnij audit z prikladami ta iljustracijami : navchal'nij

posibnik [Text] / V.V. Prokopenko, O.M. Zakladnij, P.V. Kul'bachnij., Osvita Ukraïni, Kiev. : , 2008. – 438 p.

5. Bogodist K.P. Ocinka energetichnoi efekтивности sistemi energospozhyvannja PAT «AvtoKraz» [Text] / Ja. Belevcov // Elektromehanichni ta energetichni sistemi, metodi modeljuvannja ta optimizacii. Zbirnik naukovih prac' XIII Mizhnarodnoi naukovotekhnichnoi konferencii molodih uchenih i specialistiv : – Kremenчук, KrNU, 2015. – pp. 200-201.



Шокарев Дмитрий Анатольевич, к.т.н., доц. кафедры систем электропотребления и энергетического менеджмента Кременчугского нац. ун-та имени Михаила Остроградского тел. (05366) 3-00-50;
e-mail seem@kdu.edu.ua



Рыков Геннадий Юрьевич, старш. преподаватель кафедры электрических машин и аппаратов национального университета имени Михаила Остроградского тел.(0536) 74-32-45;
e-mail ke@kdu.edu.ua



Богодист Ксения Петровна, ассистент кафедры систем электропотребления и энергетического менеджмента Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского тел. (05366) 3-00-50;
e-mail seem@kdu.edu.ua