

УДК 621.311

УЧЕТ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРЕССИВНЫХ НОРМ РАСХОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ВЫПУСК ПРОДУКЦИИ

Н. В. ТОКОЧАКОВА, А. С. ФИКОВ, Д. Р. МОРОЗ

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Введение

Основной задачей нормирования расхода электрической энергии (ЭЭ) является применение технически и экономически обоснованных норм расхода ЭЭ при планировании производства продукции. Нормирование потребления ЭЭ необходимо для определения энергетической составляющей затрат в структуре себестоимости продукции (при калькуляции себестоимости), с одной стороны, и для оценки эффективности использования ЭЭ, с другой. Нормирование расхода ЭЭ является одним из элементов экономической части политики энергосбережения [1], способствует устранению бесхозяйственного использования ЭЭ и внедрению энергосберегающих мероприятий, призвано регулировать деятельность промышленных потребителей (ПП) в области энергосбережения [2].

Постановка задачи

Формирование системы нормирования (лимитирования) расхода ЭЭ произошло фактически с началом индустриализации страны и началом реализации общегосударственной технической задачи – энергосбережения [3]. Нормы расхода ЭЭ всегда являлись рычагом воздействия на ПП и стимулом к экономии ЭЭ. Система нормирования, ее подходы, как и принятые единицы нормирования, развивались параллельно с развитием ПП и во многом определялись условиями функционирования ПП.

В практике нормирования электропотребления в Республике Беларусь в настоящее время признанными являются следующие методы: *опытный, расчетно-статистический, отчетно-статистический, расчетно-аналитический или их сочетание* [4].

Старейшими из перечисленных методов нормирования являются опытный и расчетно-аналитический. Эти методы предполагают возможность и необходимость рассчитать все точно [3], основываясь на исследовании каждой отдельной технологической операции, каждого конкретного электроприемника. Таким образом, на основе расчетов, выполняемых по детерминированным формулам, создавалась концепция нормирования и лимитирования (концепция энергосбережения). Качественные и количественные изменения структуры ЭП ПП в 50–60-х гг. XX столетия привели к необходимости отказа от расчетов, основанных на исследовании единичного, и перехода к вероятностным (статистическим) представлениям. В системе нормирования расхода ЭЭ появились *отчетно-статистический, расчетно-статистический ме-*

тоды. Наиболее целесообразным методом нормирования расхода ЭЭ на сегодняшний день, по мнению авторов, представляется расчетно-статистический [5].

Под нормой расхода ЭЭ понимают меру потребления ЭЭ на производство единицы продукции определенного качества в планируемом периоде (квартал, год) [4]. Основными требованиями, предъявляемыми к разрабатываемым нормам, являются:

- учет условий производства и внедрения мероприятий по энергосбережению;
- способствование максимальной мобилизации резервов экономии ЭЭ;
- взаимосвязанность с другими показателями хозяйственной деятельности ПП.

Согласно [4] нормы систематически пересматриваются с учетом планируемого развития производства продукции, изменения структуры производства, достижения наиболее экономичных показателей использования ЭЭ (отечественных и зарубежных).

Для стимулирования ПП к внедрению энергосберегающих мероприятий в [4] предусмотрено использование *прогрессивных* норм.

Прогрессивная норма расхода ЭЭ – мера потребления ЭЭ на единицу продукции определенного качества в результате внедрения в производство новейших технических, технологических и организационных энергоэффективных достижений и энергосберегающих мероприятий. Система прогрессивных норм расхода ЭЭ включает соответствующие текущие и перспективные нормы для *технологических процессов, установок, оборудования, продукции*. *Текущая норма* расхода ЭЭ, т. е. норма, утвержденная на текущий квартал или год, устанавливается для квартального, годового планирования и контроля за фактическим расходом ЭЭ. *Перспективная годовая норма* расхода ЭЭ используется для перспективного планирования и прогнозирования потребности в ТЭР в процессе достижения прогрессивных норм.

Исследовательская часть

Следует отметить, что в положении о нормировании [4] существует некоторая неопределенность в установлении величины прогрессивной нормы. В частности, сказано, что *прогрессивные нормы расхода ЭЭ на производство продукции определяются расчетным путем*. С другой стороны, прогрессивные нормы, согласно [4], *определяются административно-территориальными единицами Республики Беларусь с учетом лучших отечественных и зарубежных показателей*. Второй подход, на первый взгляд, наилучшим образом стимулирует ПП внедрять энергосберегающие мероприятия, однако на практике предприятию могут быть поставлены невыполнимые задачи. Рассмотрим причины невозможности установления прогрессивных норм расхода ЭЭ на выпуск продукции по наименьшему уровню удельного расхода ЭЭ в отрасли.

Каждое предприятие по своей структуре уникально. Это различие закладывается уже на стадии проектирования и в условиях постоянно проводимой реконструкции и модернизации технологического оборудования лишь усиливается. Даже если в отрасли будут выделены предприятия со схожей номенклатурой выпускаемой продукции и объемами производства, но различными удельными расходами ЭЭ на выпуск продукции, то полный перенос технологических решений с менее энергоемкого на более энергоемкое производство в большинстве случаев невозможен. Равно как и внедрение одного и того же технологического энергосберегающего мероприятия на различных предприятиях может потребовать различных проектных решений.

Даже для ПП одной отрасли промышленности условия функционирования различны. Это выражается неритмичностью выпуска продукции, различной загрузкой производственных мощностей, отличием качества и источников сырья, параметрами окружающей среды. На увеличение удельного расхода ЭЭ при неритмичном произ-

водстве влияют частые запуски технологического оборудования, а также поддержание работоспособности последнего во время вынужденного простоя. Для большинства ПП на увеличение удельного расхода ЭЭ при низкой загрузке производственных мощностей влияет величина условно-постоянной составляющей расхода ЭЭ, не зависящая от объемов выпускаемой продукции. При снижении объемов производства доля условно-постоянной составляющей расхода ЭЭ в производстве единицы продукции возрастает [6]. При этом взаимосвязь удельного расхода ЭЭ с объемами производства носит гиперболический характер (рис. 1).

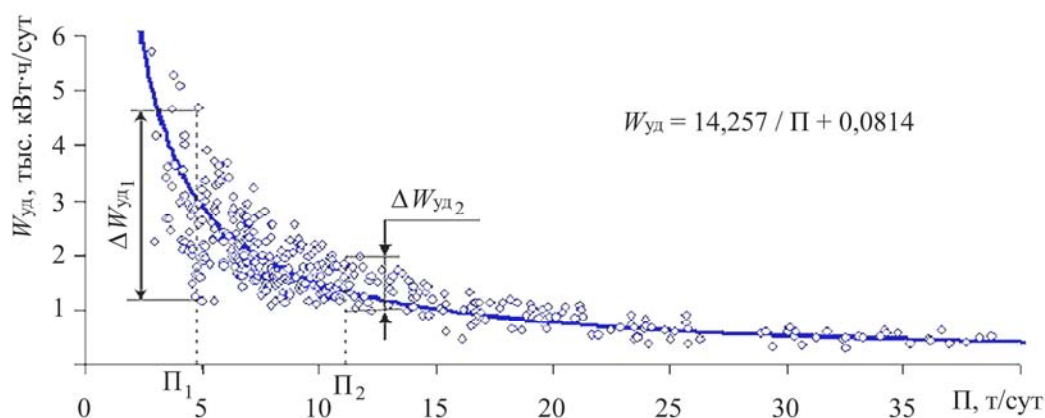


Рис. 1. Зависимость общезаводского удельного расхода ЭЭ от объемов выпуска изделий из пластмассы

Существуют ПП, у которых наблюдается устойчивый рост удельного расхода ЭЭ с ростом объемов произведенной продукции, что связано с особенностями технологического процесса. В частности, к таким ПП относятся предприятия трубопроводного транспорта нефти (рис. 2).

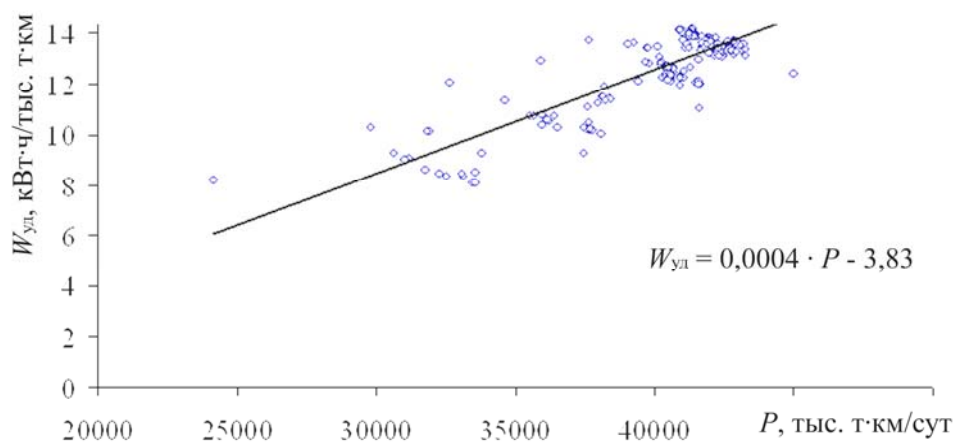


Рис. 2. Зависимость удельного расхода ЭЭ по участку нефтепровода от грузооборота нефти

Следует отметить, что объемы производства продукции и ритмичность производства во многом определяются конъюнктурой рынка. Таким образом, одно лишь изменение объемов производства (рис. 1, 2) влечет за собой изменение удельного расхода ЭЭ в несколько раз. Это может вывести ПП из разряда энергоэффективных по отрасли в разряд неэнергоэффективных. По этой же самой причине ошибочным является мнение [7], что удельный расход ЭЭ на выпуск продукции в современных

условиях функционирования ПП может служить отправной точкой отсчета эффективности использования ЭЭ.

На обработку сырья различного качества в большинстве случаев необходимо различное количество ЭЭ. Кроме того, сырье может быть произведено непосредственно на предприятии или закуплено на другом предприятии. В первом случае расход ЭЭ на подготовку сырья закладывается в удельный расход ЭЭ на выпуск конечной продукции. Во втором же случае затраты ЭЭ на производство сырья в удельном расходе ЭЭ на выпуск продукции отсутствуют. На некоторых производствах параметры окружающей среды оказывают существенное влияние на удельный расход ЭЭ. К таким производствам можно отнести технологические процессы, включающие в себя электронагрев сырья, а также технологические процессы, имеющие весьма жесткие требования к микроклимату внутри производственных помещений. Кроме того, свойства сырья под воздействием параметров окружающей среды могут значительно изменяться (увеличение влагосодержания, увеличение вязкости), что вызывает дополнительные расходы ЭЭ на их обработку.

Влияние всех вышеперечисленных объективных факторов и приводит к тому, что удельные расходы ЭЭ на выпуск продукции на различных предприятиях могут значительно отличаться. Так, согласно банку данных предприятий черной металлургии [8], [9], удельные расходы ЭЭ на выпуск продукции отличались: агломерат – в 14,1 раза; чугун – в 36; электросталь – в 1,9; кокс – в 7,5; конвертерная сталь – в 17; мартеновская сталь – в 10,1; метизы – в 112; огнеупоры – в 17,5; окатыши – в 2,5; прокат – в 3,5; руда железная товарная – в 20,7; руда марганцевая – в 8,5; трубы стальные – в 25,5 раза. Согласно информационной базы данных, созданной в Комитете по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь, удельные расходы ЭЭ на ряде белорусских предприятий превышают средневзвешенные по отрасли на 20–50 % [7].

Из вышеизложенного следует, что установление прогрессивных норм расхода ЭЭ на выпуск продукции по наименьшему уровню удельного расхода ЭЭ в отрасли не представляется возможным, поскольку при этом не будут учтены условия конкретного производства.

Следует отметить [9], что удельные расходы ЭЭ по однотипным агрегатам на разных предприятиях близки друг к другу и не имеют такого значительного разброса. Однако разработка прогрессивных норм для отдельной установки и оборудования путем поиска наиболее экономичных на схожих предприятиях не имеет смысла, поскольку отдельные установки, оборудование и технологические процессы, в которые они встроены, также обладают индивидуальными особенностями. Удельный расход ЭЭ на отдельную установку зависит от ее загрузки, качества исходного сырья, параметров окружающей среды. В качестве примера можно привести магистральные насосные агрегаты, обеспечивающие транспортировку нефти по нефтепроводу. Согласно [10] КПД насосного агрегата НМ-3600-230 за счет износа щелевого уплотнения при наработке 10000 ч снижается на 11,4 %, а при проведении ремонтных работ КПД насосного агрегата повышается. Таким образом, энергетические характеристики магистральных насосных агрегатов подвержены постоянным значительным изменениям, и, как следствие, удельные расходы ЭЭ насосных агрегатов даже при постоянной производительности постоянно изменяются.

Как уже отмечалось ранее, разработка прогрессивных норм расхода ЭЭ на производство продукции, согласно [4], ведется расчетным путем:

$$H_i^n = H_i^{oz} - \frac{\Delta W_i}{\Pi_i^{\delta}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/ед. прод.}, \quad (1)$$

где H_i^{03} – общепроизводственная годовая технически обоснованная норма расхода ЭЭ в базовом году для i -го вида продукции, кВт · ч/ед. прод.; ΔW_i – величина резерва экономии ЭЭ, выявленная в результате энергетического обследования, влияющая на норму для i -го вида продукции, кВт · ч/год; P_i^6 – годовой объем производства i -го вида продукции в базовом году, ед. прод./год. За базовый год принимается год проведения энергетического обследования.

Практика применения данного метода расчета прогрессивных норм вскрыла его недостатки. Основанием для установления прогрессивных норм расхода ЭЭ является программа по энергосбережению, разработанная по результатам энергетического обследования. Комитет по энергоэффективности согласовывает общепроизводственные годовые прогрессивные нормы расхода ЭЭ на срок действия программы по энергосбережению. Следует отметить, что разработка прогрессивных норм и энергетическое обследование ПП, как правило, ведутся не одновременно. Используя в качестве отправной точки для разработки прогрессивных норм общепроизводственную норму расхода ЭЭ, определенную для года проведения энергетического обследования, может сложиться ситуация, когда прогрессивная норма будет выше, чем фактический удельный расход ЭЭ на выпуск продукции. Эта ситуация может быть объяснена не только внедрением энергосберегающих мероприятий, не вошедших в программу по энергосбережению, а в значительной мере ростом объемов выпуска продукции. Единовременная разработка прогрессивных норм и энергетическое обследование ПП позволяют иметь согласованные величины H_i^{03} , ΔW_i , P_i^6 , однако главной проблемы это не решает: значительные изменения удельного расхода ЭЭ на выпуск продукции в результате изменения производственной программы приводят к невозможности контроля выполнения программы по энергосбережению путем сравнения достигнутого удельного расхода ЭЭ и утвержденной прогрессивной нормы. Данный факт в [4] не учитывается. Напротив, в случае недостижения планируемых прогрессивных норм расхода ЭЭ по итогам текущего года, согласно [4], нормы расхода ЭЭ будущего года подлежат корректировке в сторону уменьшения на величину, равную разности фактически достигнутых и утвержденных прогрессивных норм расхода ЭЭ. Соответственно, в выражении (1) не учитывается и зависимость экономии ЭЭ от объемов производства. Очевидно, что система прогрессивных норм требует корректировки. Для решения данной проблемы, в рамках Республиканской программы по энергосбережению на 2006–2010 гг. [11], развитие системы прогрессивных норм топливно-энергетических ресурсов выделено в качестве приоритетного направления энергосбережения.

Предлагаемый способ решения

Выявленный резерв экономии ЭЭ в технологическом процессе производства продукции, как правило, не является постоянной величиной и пропорционально зависит от объемов производства продукции, поскольку реализуется за счет снижения удельного технологического расхода ЭЭ на выпуск продукции. Выявленный резерв экономии ЭЭ за счет проведения общетехнических мероприятий, напротив, не зависит (или слабо зависит) от объемов производства продукции и реализуется за счет снижения условно-постоянного расхода ЭЭ. Так же имеют место мероприятия, одновременно влияющие на удельный технологический и условно-постоянный расход ЭЭ. Например, децентрализация системы освещения производственного цеха сокращает расход ЭЭ в его условно-постоянной части и увеличивает удельный технологический расход ЭЭ на выпуск продукции.

При проведении энергетического обследования выявляются годовые резервы экономии ЭЭ, однако внедрение энергосберегающих мероприятий не происходит одновременно на начало календарного года, а растянуто во времени. Полученная же годовая экономия ЭЭ от мероприятий, внедренных в течение года, будет несколько ниже, чем определено программой по энергосбережению. С учетом вышеизложенного, для расчета прогрессивных норм расхода ЭЭ предлагается следующее выражение:

$$N^п = N^{оз} - \frac{\sum_j \left(\Delta W_j^{техн} \cdot \frac{П^{план}}{П^{обсл}} + \Delta W_j^{у.п.} \cdot \frac{T_j^{план}}{T_j^{год}} \right)}{П^б}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/ед. прод.}, \quad (2)$$

где $N^{оз}$ – общепроизводственная годовая технически обоснованная норма расхода ЭЭ в базовом году, кВт · ч/ед. прод.; $\Delta W_j^{техн}$ – величина резерва экономии ЭЭ от проведения j -го мероприятия, пропорциональная объему производства продукции, кВт · ч/год; $\Delta W_j^{у.п.}$ – величина резерва экономии ЭЭ от проведения j -го мероприятия, независимая от объема производства продукции (или непропорциональная объему производства продукции), кВт · ч/год; $П^б$ – годовой объем производства в базовом году, ед. прод.; $П^{план}$ – плановый объем производства за время работы предприятия с внедренным энергосберегающим мероприятием, ед. прод.; $П^{обсл}$ – годовой объем производства, при котором определен резерв экономии ЭЭ, ед. прод.; $T_j^{план}$ – планируемое время работы оборудования, цеха, производства с внедренным j -м энергосберегающим мероприятием в базовом году, сут.; $T_j^{год}$ – годовой фонд рабочего времени оборудования, цеха, производства, сут. За базовый год принимается год, на который утверждаются прогрессивные нормы расхода ЭЭ.

Следует отметить, что ряд ПП проводят постояннодействующие энергосберегающие мероприятия, направленные на восстановление энергетических характеристик технологического оборудования. В качестве примера данных мероприятий могут служить ремонты и техническое обслуживание оборудования, очистка внутренних поверхностей нефтепровода от парафинистых отложений. Проведение данных мероприятий приводит к экономии ЭЭ, незначительно отличающейся по годам (за исключением случая совершенствования методики их проведения), и, следовательно, не должны учитываться при разработке прогрессивных норм расхода ЭЭ на выпуск продукции.

Для разработки прогрессивных норм предлагаются следующие принципы:

- диапазонирование прогрессивных норм по объемам выпускаемой продукции;
- использование в качестве базиса разработки прогрессивных норм не нормы расхода ЭЭ на момент проведения энергетического обследования, а утверждаемой общепроизводственной годовой нормы расхода ЭЭ;
- разработка прогрессивных норм расхода ЭЭ не на весь срок действия программы по энергосбережению, а на год, с учетом годового объема запланированных энергосберегающих мероприятий.

Рассмотрим предложенные принципы подробнее. Годовые объемы производства продукции постоянно изменяются, поэтому принятие за базис годовой нормы расхода ЭЭ на момент проведения энергетического обследования может привести к зна-

чительной погрешности. Более целесообразно рассчитывать базисную годовую производственную норму с учетом прогнозного значения объема производства продукции, а также возможных отклонений фактических объемов производства продукции от прогнозного значения. Учет возможных изменений объемов производства продукции следует вести путем расчета в каждом диапазоне объемов выпуска продукции своей прогрессивной нормы расхода ЭЭ. При этом границы диапазонов следует выбирать из условия изменения удельного расхода ЭЭ внутри диапазона выпуска продукции до 10 %. Норму необходимо рассчитывать для средних объемов производства внутри выбранного диапазона объема производства. Невозможность точного прогноза объемов производства на весь пятилетний срок действия программы по энергосбережению, а также возможные значительные изменения структуры производства делают бессмысленным разработку прогрессивных норм на столь длительное время, следовательно, прогрессивную норму расхода ЭЭ необходимо пересматривать ежегодно.

Качество разработки прогрессивных норм напрямую зависит от качества разработки общепроизводственной годовой нормы расхода ЭЭ на выпуск продукции, а при ее определении разработчик норм сталкивается с проблемой выбора метода нормирования. Очевидно, что на современных ПП с большим количеством ЭП баланс ЭЭ разрабатывается под фактическое электропотребление методом «от обратного». Среднегодовой удельный расход ЭЭ расчетно-аналитическим методом определяется по выражению:

$$W_{уд} = \frac{W_{\phi}}{\Pi}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/ед. прод.}, \quad (3)$$

где W_{ϕ} – фактическое годовое электропотребление ПП, кВт · ч/год; Π – фактический годовой объем выпуска продукции, ед. прод./год.

Рассчитанный удельный расход ЭЭ отражает среднее значение за рассматриваемый период (при существующих значениях воздействующих факторов) и является единичным значением из множества его реализаций на годовом интервале времени (рис. 1, 2). Такой подход не позволяет объективно планировать норму расхода ЭЭ, дифференцированную по объемам выпускаемой продукции. Расчетно-статистический метод нормирования предполагает построение математической модели режимов электропотребления. Для большинства ПП такую модель можно представить в виде [6]:

$$W = a\Pi + b, \quad (4)$$

где a – коэффициент регрессии (удельный технологический расход ЭЭ на выпуск продукции); Π – объем производства; b – свободный член уравнения регрессии (условно-постоянный расход ЭЭ).

Для ПП, на режим электропотребления которых в значительной степени влияет множество факторов, математическую модель режимов электропотребления можно представить в виде:

$$W = \sum b_i \cdot f_i + b_0, \quad (5)$$

где b_i – коэффициент регрессии при i -м факторе; f_i – фактор, формирующий режим электропотребления; b_0 – свободный член уравнения регрессии.

Разработка норм расхода ЭЭ на основе моделей вида (4, 5) дифференцированных по объемам выпускаемой продукции не вызывает затруднений. Когда ряд факторов, включенных в модель вида (5), допускает целенаправленное воздействие, то с использованием данной модели можно производить не только разработку прогрессивных норм, а также оценивать резервы экономии ЭЭ. Таким образом, с использованием единой модели можно решать комплекс задач, связанных с управлением энергоэффективностью ПП, тем самым, снижая трудоемкость их реализации: нормирование и планирование расхода ЭЭ (в том числе разработка прогрессивных норм), энергетическое обследование ПП.

Согласно [4], критерием оценки эффективности внедрения прогрессивных норм расхода ЭЭ являются:

- полнота и своевременность выполнения программы по энергосбережению, разработанной по результатам энергетического обследования;
- влияние внедренных энергосберегающих мероприятий на уменьшение текущих норм расхода ЭЭ по сравнению с нормами расхода ЭЭ года проведения энергетического обследования.

Однако второй критерий следует использовать только с учетом как изменения объема производства, так и других условий функционирования ПП. Более того, существуют энергосберегающие мероприятия, внедрение которых приводит к увеличению удельного расхода ЭЭ. Примером такого мероприятия служит строительство обводных участков нефтепровода (лупингов). Как видно из рис. 2, с ростом производительности нефтепровода удельный расход ЭЭ на транспортировку нефти возрастает. При строительстве лупингов снижается гидравлическое сопротивление нефтепровода и увеличивается его производительность. Такого же роста производительности можно было бы добиться, повышая давление на выходе нефтеперекачивающих станций. При этом рост удельного расхода при повышении производительности нефтепровода за счет увеличения давления будет больше, чем при повышении производительности нефтепровода за счет строительства лупингов на 1,95 % (рис. 3). Более объективным критерием оценки эффективности внедрения прогрессивных норм является целевой показатель по энергосбережению.

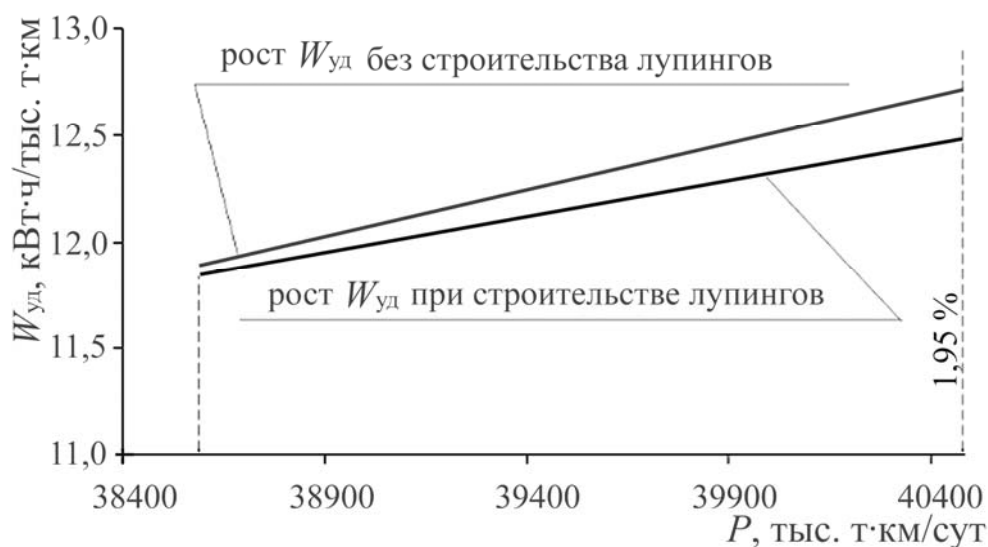


Рис. 3. Динамика удельного расхода ЭЭ на транспортировку нефти

Произведем расчет прогрессивных норм расхода ЭЭ для предприятия, специализирующегося на выпуске швейных изделий. Расчетно-статистическая модель режимов электропотребления, построенная по методике [6], представлена на рис. 4.

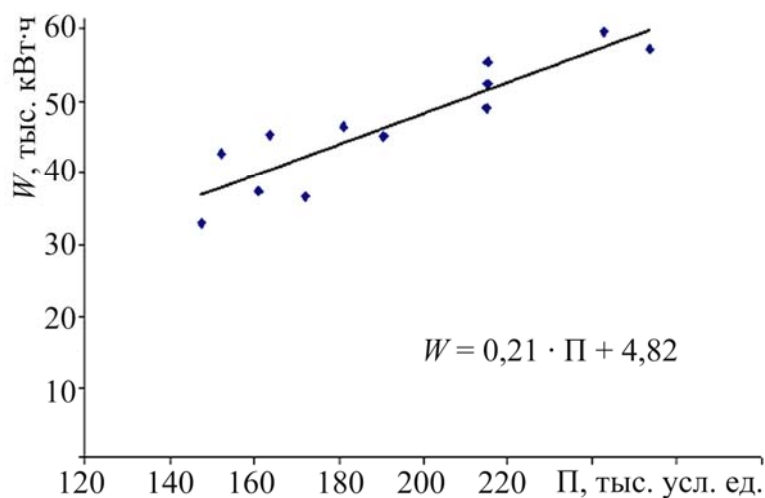


Рис. 4. Расчетно-статистическая модель режимов электропотребления ПП

На основании проведенного энергетического обследования предприятия сформирована программа по энергосбережению. План внедрения энергосберегающих мероприятий на следующий год представлен в табл. 1.

Таблица 1

План внедрения энергосберегающих мероприятий

Наименование мероприятия	Годовая экономия электрической энергии, тыс. кВт · ч	Период внедрения
Замена швейных машин на более экономичные	4,0	Начало 2-го квартала
Модернизация системы освещения	1,0	Начало 3-го квартала

Годовая экономия ЭЭ от внедрения энергосберегающих мероприятий определена с учетом годового объема производимой продукции, равного 2400 тыс. усл. ед.

План производства продукции на следующий год представлен в табл. 2.

Таблица 2

План производства продукции

Квартал	I	II	III	IV
План производства продукции, тыс. усл. ед.	700	400	500	400

В табл. 3 представлены годовые нормы расхода ЭЭ на производство швейных изделий, дифференцированные по объемам выпускаемой продукции.

Нормы расхода электрической энергии на выпуск швейных изделий

Вид продукции	Диапазон выпуска продукции, тыс. усл. ед./год	Норма расхода ЭЭ, кВт · ч/усл. ед.
Швейные изделия	До 1600	0,258
	1600–2000	0,250
	2000–2400	0,244
	2400–2800	0,239
	Свыше 2800	0,236

С использованием выражения (2) рассчитаем прогрессивную норму расхода ЭЭ на примере диапазона объемов выпускаемой продукции до 1600 тыс. усл. ед./год. Годовой фонд рабочего времени швейного цеха составляет 250 ч.

$$N^п = N^{оз} - \frac{\sum_j \left(\Delta W_j^{техн} \frac{\Pi^{план}}{\Pi^{обсл}} + \Delta W_j^{уп} \frac{T_j^{план}}{T_j^{год}} \right)}{\Pi^б} =$$

$$= 0,258 - \frac{4 \frac{1300}{2400} + 1 \frac{120}{250}}{1600} = 0,256 \text{ кВт} \cdot \text{ч/ед. прод.}$$

Аналогичный расчет проводится для оставшихся диапазонов объемов выпуска продукции. Применение данного подхода разработки прогрессивных норм стимулирует аудиторов к достоверной оценке экономии ЭЭ в рамках проводимых энергетических обследований. Что в свою очередь обуславливает необходимость совместного развития системы прогрессивных норм с методологией оценки экономии ЭЭ.

Выводы

1. Рассмотрено два существующих подхода в формировании прогрессивных норм расхода электрической энергии на производство продукции ПП: первый – установка прогрессивных норм расхода на основе лучших достигнутых значений отечественных и зарубежных ее показателей; второй – определение прогрессивной нормы расчетным путем с использованием результатов энергетического обследования ПП.

2. Доказана невозможность установления прогрессивных норм расхода ЭЭ на основе лучших достигнутых значений отечественных и зарубежных ее показателей. Причинами данного являются: уникальность структуры каждого ПП, заложенной на стадии его проектирования и усиленной проводимой реконструкцией, модернизацией технологического оборудования; различие в условиях функционирования, определяемыми разной ритмичностью производства, загрузкой производственных мощностей, качеством исходного сырья.

3. Показаны недостатки в установлении прогрессивных норм расхода ЭЭ расчетным путем из-за временной несогласованности разработки прогрессивных норм расхода ЭЭ и проведения энергетического обследования, а также из-за невозможности контроля выполнения программы по энергосбережению путем сравнения достигнутого удельного расхода ЭЭ и утвержденной прогрессивной нормы.

4. Разработан способ расчета прогрессивных норм расхода ЭЭ с использованием расчетно-статистических моделей режимов электропотребления в соответствии со следующими принципами: диапазоном прогрессивных норм по объемам выпускаемой продукции; использованием в качестве базиса разработки прогрессивных норм утверждаемые значения общепроизводственной годовой нормы расхода ЭЭ на момент проведения энергетического обследования; разработкой прогрессивных норм расхода ЭЭ не на весь срок действия программы по энергосбережению, а на год, с учетом годового объема запланированных энергосберегающих мероприятий.

Литература

1. Пospelова, Т. Г. Основы энергосбережения / Т. Г. Пospelова. – Минск : УП «Технопринт», 2000. – 356 с.
2. Государственная программа Республики Беларусь «Энергосбережение»: Основные направления и первоочередные меры. – Минск : Ком. «Белэнергосбережение», 1995. – 52 с.
3. Кудрин, Б. И. О теоретических основах и практике нормирования и энергосбережения / Б. И. Кудрин // Промышленная энергетика. – 2000. – № 6. – С. 33–36.
4. Положение о нормировании расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь: утв. Ком. по энергоэффективности при Совете Министров Респ. Беларусь 19. 11.02. – Минск : Ком. по энергоэффективности при Совете Министров Респ. Беларусь, 2002. – 15 с.
5. Токочакова, Н. В. Способы построения расчетно-статистических моделей электропотребления промышленных потребителей / Н. В. Токочакова, Д. Р. Мороз // Вестн. ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2006. – № 2. – С. 37–46.
6. Методика нормирования расхода электрической энергии на выпуск продукции и оценки эффективности ее использования на основе расчетно-статистических моделей режимов электропотребления промышленных потребителей: утв. Ком. по энергоэффективности при Совете Министров Респ. Беларусь 12.07.06. – Минск, 2006. – 72 с.
7. Комаровский, В. Зачем платить за электричество, если есть дрова [Электронный ресурс] / В. Комаровский // Журнал «Директор». – 2001. – Режим доступа: <http://www.economy-law.com>. – Дата доступа: 11.02.2006.
8. Авдеев, В. А. Информационный банк «Черметэлектро» / В. А. Авдеев, Б. И. Кудрин, А. Е. Якимов. – Москва : Электрика, 1995. – 400 с.
9. Жилин, Б. В. Расчет электрических нагрузок и параметров электропотребления на ранних стадиях проектирования [Электронный ресурс] / Б. В. Жилин. – Москва, 2005. – Режим доступа: <http://www.kudrinbi.ru>. – Дата доступа: 22.08.2006.
10. Руководство по организации эксплуатации и технологии технического обслуживания и ремонта оборудования и сооружений нефтеперекачивающих станций: РД 39-30-1209-84. – Введ. 12.12.84. – Уфа : М-во нефтяной промышленности СССР: ВНИИСПТнефть, 1985. – 278 с.
11. О Республиканской программе энергосбережения на 2006–2010 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 2 фев. 2006 г., № 137 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2006. – № 24. – 5/17219.

Получено 03.10.2006 г.

УДК 536.24

**ТЕПЛООБМЕН ПРИ КИПЕНИИ ФРЕОНА 134А НА ГЛАДКИХ
ТЕХНИЧЕСКИ ШЕРОХОВАТЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ
С ОБОБЩЕНИЕМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ****А. В. ОВСЯННИК, Д. А. ДРОБЫШЕВСКИЙ, Д. А. ГУРИКОВ***Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь***Введение**

С середины XVIII и до начала XX в. в качестве хладагентов для холодильных систем применяли различные вещества: воду, диэтиловый и метиловый эфиры, аммиак, диоксид углерода, сернистый ангидрид, метилхлорид и др. После выпуска в 1930 г. компанией «Кинетик Кемикалз Инк» (США) первых партий дихлордифторметана, относящегося к группе хлорфторуглеродов (ХФУ), и организации его промышленного производства в 1932 г. многие рабочие вещества, кроме аммиака, почти полностью исчезли с рынка хладагентов. В середине 30-х г. было налажено производство в промышленных масштабах хладагентов R11, R113 и R114. С 1935 г. был организован выпуск хладагента R22, относящегося к группе гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ). Для получения очень низких температур были разработаны хладагенты R13, R503 и R13B1 [1]. До начала 80-х г. ХФУ и ГХФУ заняли доминирующее положение в холодильной промышленности (бытовое, торговое и промышленное холодильное оборудование).

К 80-м г., когда специалисты ряда стран начали заниматься вопросами изучения влияния ХФУ и ГХФУ на окружающую среду, эти хладагенты стали предметом беспокойства в связи с возникшими глобальными проблемами: повышением парникового эффекта и возможным разрушением озонового слоя.

Парниковый эффект возникает вследствие того, что некоторые газы земной атмосферы задерживают инфракрасное излучение, которое испускает земная поверхность. И хотя концентрация всех вместе взятых ХФУ в атмосфере довольно мала, их эффективность по удержанию инфракрасного излучения весьма и весьма высока, в частности, вследствие их очень длительного периода жизни (60 лет для R11, 120 лет для R12 и 250 лет для RН5, который входит в состав R502).

Разрушение стратосферного озона связано с ультрафиолетовым излучением Солнца. Озоновый слой поглощает 99 % ультрафиолетового излучения Солнца, падающего на Землю, и выполняет роль защитного экрана для земной жизни. И хотя молекулы ХФУ тяжелее воздуха, и число их в стратосфере крайне мало (3–5 молекул ХФУ на 10 млрд молекул воздуха), одна молекула хлора, достигающая атмосферы, способна разрушить 10–100 тыс. молекул озона.

Для замены ХФУ с начала 90-х г. основными мировыми производителями химической продукции были разработаны и выпускаются озонобезопасные смеси группы ГФУ (R407C и др.) и однокомпонентные озонобезопасные хладагенты (R134a и др.).

Задачи и методы исследования

Целью работы было исследование теплообмена при кипении фреона 134a на гладких технически шероховатых поверхностях на установке, описанной в [2]. Были исследованы образцы длиной $l = 302$ мм и диаметром $d = 24$ мм. Экспери-