

## ЭКОНОМИКА

УДК 630.383

Т.В. Скворцова, А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова

### РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСОВОЗНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ЦЕН

*Разработан алгоритм выбора стратегии поставок материалов, позволяющий на основе мониторинга стоимости материалов и транспортных услуг выполнить менеджмент ресурсного обеспечения дорожно-строительных объектов в условиях неопределенности с учетом различного рода рисков и ограничений на поставки материалов по времени, объему, номенклатуре.*

**Ключевые слова:** лесовозная автомобильная дорога, дорожно-строительные материалы, строительство, поставка материалов.

T.V. Skvortsova, A.V. Skrypnikov, E.V. Kondrashova

### RESOURCE PROVISION FOR CONSTRUCTING THE LOGGING MOTOR ROAD IN THE UNCERTAIN PRICE CONDITIONS

*The algorithm for the material supply strategy selection that allows to manage resource provision for the road-building objects in the conditions of uncertainty taking into account various risks and restriction to the material delivery in terms of time, volume, nomenclature on the basis of monitoring the material and transport service cost is developed.*

**Key words:** logging motor road, road-building materials, construction, material supply.

В современных экономических условиях хозяйствования вопрос исследования взаимосвязи между временем поставок дорожно-строительных материалов и их общей стоимостью в условиях нестабильности цен имеет особую актуальность. Цены на используемые дорожно-строительные материалы представляют собой монотонно возрастающую функцию времени. Период времени между началом поставок дорожно-строительных материалов на дорогу и завершением дорожно-строительных работ весьма значителен, превышает, как правило, продолжительность строительства ( $t_0$ ), а иногда и летнего строительного сезона. Для рациональной организации ресурсного обеспечения дорожно-строительного объекта (дороги) в условиях нестабильности цен весьма важно оценить влияние сроков поставки материалов на их общую стоимость с учетом роста закупочных цен, транспортных затрат и стоимости заготовительно-складских работ.

Функция  $C(t)$  – зависимость, описывающая изменение стоимости единицы дорожно-строительного материала (щебень, гравий, битум, цементобетон, лесоматериалы) во времени, включающее все затраты на поставку на дорожно-строительный объект, может быть определена статистически с большой степенью надежности.

Обозначим  $V(t)$  как функцию, описывающую изменение объема поставки материала во времени – график поставки материалов. Так как заготовка материалов производится собственными силами дорожно-строительных организаций, основной объем заготовительных и транспортных работ целесообразно выполнять зимой, а летом сосредотачивать большую часть ресурсов на производстве строительных работ. Такие материалы, как цемент, битум, потребляют преимущественно летом, а их поставку планируют в течение всего года. Фактически поставка осуществляется сосредоточенно в течение нескольких дней. Поэтому при разработке организации дорожно-строительных работ заранее предусматривают создание определенных запасов материалов.

График поставки материалов на объект  $V(t)$  должен учитывать имеющиеся на начало строительства запасы материалов, в том числе оставшиеся с предыдущего строительного сезона. При этом запаса каж-

дого материала должно быть достаточно для обеспечения нормального хода работ в период между его поставками, а также в случае каких-либо непредвиденных задержек в его поступлении. В то же время запас каждого материала должен быть минимальным, чтобы не вызвать излишнего привлечения оборотных средств и увеличения складских расходов.

Различают следующие виды производственного запаса материалов: текущий, подготовительный, гарантийный (или страховой) и сезонный.

Текущий запас предусматривает обеспечение работ необходимыми материалами в период между смежными поставками их на строительство. Его величина определяется частотой и ритмичностью поставок в соответствии с договорами (графиками поставок) между поставщиком и потребителем.

Подготовительный запас должен обеспечивать потребность производства в период приемки, разгрузки, испытаний, сортировки и прочих операций с прибывшей партией материала. В ряде случаев объемы подготовительных запасов отдельно не выделяют, а учитывают при определении объемов текущих запасов.

Гарантийный запас должен обеспечивать производство работ в случае нарушения графика поставок материалов и задержек очередной поставки.

Длительность задержек прогнозировать весьма трудно. Иногда их принимают по опыту работы в аналогичных условиях. Можно определять его величину исходя из положения, что дополнительные затраты на создание гарантийного запаса не должны превышать убытки от простоев, которые могут возникнуть при наибольших предполагаемых задержках в поставках материалов. Дополнительные затраты на создание гарантийного запаса возникают вследствие «замораживания» средств, вложенных во временно не используемые материалы, и повышенных складских расходов в связи с увеличением вместимости стационарных и притрассовых складов. Следует отметить, что значительных затрат требует увеличение складов промышленных материалов (цемента, битума). Такие материалы, как щебень, песок, гравий, обычно хранятся на открытых площадках, и увеличение их объемов, как правило, не требует больших дополнительных затрат, исключение составляют склады для хранения инертных каменных материалов и песка, где для снижения расхода энергии на 30...40 % на прогревание минеральной части битумокаменеральных смесей рекомендуется хранение щебня и песка в сухом состоянии под навесом.

Сезонный запас должен обеспечивать потребность в материалах на один строительный сезон (или его значительную часть). Такие запасы необходимы в местах, снабжаемых привозными материалами по воде, а иногда и по железной дороге. Значительные запасы местных материалов обычно накапливаются к началу летнего строительного сезона в результате заготовок их строительными организациями своими силами в зимний период. На ряде объектов зимние заготовки таких материалов, как щебень, песок, камень, гравий, шлак, достигают 60...80 % от годовой потребности. Материалы промышленности (битум, деготь, лесоматериалы) обычно заготавливают в пределах 20...50 % потребности, цемент – учитывая потери его активности во времени, в пределах 15...20 %.

Создание запасов материалов и равномерное использование всех трудовых и материально-технических ресурсов строительной организации в течение всего года следует рассматривать совместно. Использование этих ресурсов зимой на заготовительных и транспортных работах позволяет обеспечить круглогодичную загрузку погрузочной техники и автотранспорта, снижает затраты на субподрядные организации, выполняющие транспортные операции.

Так как вид функции  $C(t)$  известен, устанавливается на основе мониторинга регионального строительного рынка, то в отсутствие каких-либо требований к величине поставок дорожно-строительных материалов можно считать, что в определенном смысле функции  $C(t)$  и  $V(t)$  имеют обратный характер изменения: увеличение  $C(t)$  в подготовительный период и во времени производства работ должно сопровождаться снижением интенсивности закупки и поставки материалов  $V(t)$  (чем быстрее возрастает стоимость материала в период строительства объекта, тем значительнее должно быть снижение объема поставок во времени, т.е. основной объем экономически целесообразно производить в подготовительный период или в начале строительства, когда затраты на закупку и перевозку ресурсов минимальны).

Можно различным образом выбирать вид функции  $C(t)$ , но исследования характера изменения цен на дорожно-строительные материалы и услуги показали, что  $C(t)$  достаточно точно можно описать в виде

$$C(t) = at^2 + bt + C_0, \quad (1)$$

где  $t \in [0, t_0]$ , что облегчает использование метода наименьших квадратов;  $C_0$  – стоимость закупки и поставки ресурса на объект в начале рассматриваемого периода  $t$ ;  $a$  и  $b$  – коэффициенты уравнения, характеризующие интенсивность изменения цен на строительные материалы и услуги в прогнозируемый период  $t$ , определяются методом наименьших квадратов путем обработки результатов мониторинга региональных цен за предшествующий период времени.

Анализ графиков поставки различного вида ресурсов на дорожно-строительные объекты показывает, что функция  $V(t)$  может быть описана зависимостью вида

$$V(t) = \zeta t^2 + \eta t + V_0, \tag{2}$$

где  $V_0$  – запас строительных материалов и других ресурсов на начало строительства объекта или строительного сезона;  $\zeta, \eta$  – соответственно коэффициенты, характеризующие интенсивность поступления материалов и полуфабрикатов на объект.

Зависимость (2) может иметь и другой вид, что никак не повлияет на характер рассуждений. При планировании стратегии закупок дорожно-строительных материалов примем условие, что поставка ресурсов на объект по ценам  $C_0$  на начало рассматриваемого периода  $t$  зачастую нереальна. Это объясняется тем, что интенсивность поступления определенных ресурсов на объект (цементобетон, цементогрунт и др.) определяется их потреблением технологическими процессами в ходе строительства дороги. Кроме того, заблаговременная закупка щебня, железобетонных конструкций и других инертных материалов экономически нецелесообразна до момента проведения торгов и получения контракта на строительство или ремонт объекта. Создание значительных запасов вяжущих сдерживается объемами битумохранилищ и снижением активности цемента во время длительного хранения. В условиях неопределенности разумная политика цен выбирается с помощью критерия пессимизма-оптимизма Гурвица, согласно которому оптимальной является стратегия  $A_{i0}$ , максимизирующая величину

$$H_i(\lambda) = (1 - \lambda) \min_{1 \leq j \leq n} a_{ij} + \lambda \max_{1 \leq j \leq n} a_{ij},$$

где  $\lambda \in [0, 1]$  – коэффициент оптимизма.

Примем допущение, что при выборе решения по поставкам ресурсов на объект руководствуемся наиболее реалистичными соображениями, т.е. принимаем  $\lambda = 1/2$ . Тогда все расчеты можно произвести по так называемой «средней» цене на ресурсы за рассматриваемый период  $t$ .

Обозначим:  $\zeta_k, \eta_k$  – коэффициенты, определенные для периода поставок ресурсов, продолжительностью  $t_k$ , характеризуют интенсивность поступления материалов и полуфабрикатов на объект.

Составим схему для определения  $\zeta_k, \eta_k$ :

$$\begin{cases} \int_0^{K_{t_0}} (at^2 + bt + c)(\zeta_k t^2 + \eta_k t + V_0) dt = \frac{1}{K_{t_0}} \iint_D dV dt \cdot \iint_D dC dt; D: \begin{cases} t \in [0; K_{t_0}] \\ C \in [C_0; C(t)] \end{cases} \\ \int_0^{K_{t_0}} (\zeta_k t^2 + \eta_k t + V_0) dt = V. \end{cases} \tag{3}$$

Второе уравнение системы (3) отражает тот факт, что какова бы ни была величина  $K$ , объем поставок должен оставаться постоянным и равным  $V$ . Первое уравнение есть математическая формулировка крите-

рия Гурвица для  $\lambda = \frac{1}{2}$ , так как предполагается поставка материалов на объект по «средней» на период  $t$  по цене  $C_{ср}$

$$\frac{1}{K_{t_0}} \iint_D dV dt \cdot \iint_D dC dt; D: \begin{cases} t \in [0; K_{t_0}] \\ C \in [0; C(t)] \end{cases}$$

Заметим, что

$$\int_0^{K_{t_0}} (at^2 + bt + c)(\zeta_k t^2 + \eta_k t + V_0) dt = \frac{1}{5} a \zeta_k (K_{t_0})^5 + \frac{1}{4} (a\eta_k + b\zeta_k) (K_{t_0})^4 + \frac{1}{K_{t_0}} \iint_D dV dt \cdot \iint_D dC dt = V \left( \frac{1}{3} a K_{t_0}^2 + \frac{1}{2} b K_{t_0} + c \right).$$

Для удобства дальнейших вычислений введем обозначения:

$$A_K = \frac{1}{5} a K_{t_0}^5 + \frac{1}{4} b K_{t_0}^4 + \frac{1}{3} c K_{t_0}^3;$$

$$B_K = \frac{1}{4} a K_{t_0}^4 + \frac{1}{3} b K_{t_0}^3 + \frac{1}{2} c K_{t_0}^2;$$

$$C_K = V \left( \frac{1}{3} a K_{t_0}^2 + \frac{1}{2} b K_{t_0} + c \right) - V_0 \left( \frac{1}{3} a K_{t_0}^3 + \frac{1}{2} b K_{t_0}^2 + c K_{t_0} \right).$$

Второе уравнение в системе (3) после интегрирования имеет вид

$$\frac{1}{3} \zeta_k K_{t_0}^3 + \frac{1}{2} \eta_k K_{t_0}^2 + V K_{t_0} = V.$$

После приведенных преобразований система имеет вид

$$\begin{cases} A_K \zeta_k + B_K \eta_k = C_K \\ 2\zeta_k (K_{t_0})^3 + 3\eta_k (K_{t_0})^2 + 6V_0 K_{t_0} = 6V \end{cases} \quad (4)$$

Из системы (4) находим значения коэффициентов  $\zeta_k$  и  $\eta_k$ :

$$\begin{aligned} \zeta_k &= \frac{6B_K (V - V_0 K_{t_0}) - 3C_K K_{t_0}^2}{K_{t_0}^2 (B_K K_{t_0} - 3A_K)}; \\ \eta_k &= \frac{2C_K K_{t_0}^3 - 6A_K (V - V_0 K_{t_0})}{K_{t_0}^2 (B_K K_{t_0} - 3A_K)}. \end{aligned} \quad (5)$$

Уравнение  $K$ -й функции поставок имеет вид

$$\begin{aligned} V_K(t) = \zeta_k t^2 + \eta_k t + V_0 &= \frac{6B_K (V - V_0 K_{t_0}) - 3C_K K_{t_0}^2}{K_{t_0}^2 (B_K K_{t_0} - 3A_K)} \cdot t^2 + \\ &+ \frac{2C_K K_{t_0}^3 - 6A_K (V - V_0 K_{t_0})}{K_{t_0}^2 (B_K K_{t_0} - 3A_K)} \cdot t + V_0. \end{aligned}$$

Полученное уравнение описывает график поставки материалов на объект в виде параболы с вершиной в точке  $S_K (S_{SK}, V_{SK})$ , где

$$T_{SK} = \frac{6A_K \left( t - V_0 K_{t_0} \right) - 2C_K \left( t - V_0 K_{t_0} \right)^2}{12B_K \left( t - V_0 K_{t_0} \right) - 6C_K \left( t - V_0 K_{t_0} \right)^2}$$

$$V_{SK} = \zeta_k T_{SK}^2 + \eta_k T_{SK} + V_0$$

Средняя удельная стоимость за единицу поставляемого материала

$$C_{cp} = \frac{1}{K_{t_0}} \iint_D dcdt, D: \begin{cases} t \in [0; K_{t_0}] \\ C \in [0; C_{max}] \end{cases}$$

$V_{ok} = \zeta_k t_k^2 + \eta_k t_k + V_0$  – объем последней в период  $t_k$  поставки строительного материала.

Проиллюстрируем приведенные рассуждения на примере снабжения фракционным щебнем строительства основания толщиной 18 см участка лесовозной автомобильной дороги IV технической категории в Республике Коми. Общая потребность в щебне для строительства 3 км дорожного основания составляет 4809 м<sup>3</sup>. До начала строительства на объекте в виде переходящего объема находится 800 м<sup>3</sup> щебня. На основе статистического анализа рынка строительных материалов и услуг за период с 2006 по 2011 г. установлено (рис. 1), что изменения стоимости щебня во времени можно описать зависимостью вида [1]

$$C_{щ}(T) = 0,316T^2 + 2,59T + 105,87,$$

где T – порядковый номер квартала.

Строительство основания из щебня планируется выполнить за период с 28.04.11 по 28.12.11 в течение 9 месяцев. Строительство основания выполняется с «колес», не требует дополнительных складских затрат.

Согласно прогнозу, стоимость щебня за период строительства может увеличиться от 300 до 350 руб/м<sup>3</sup>. Изменения прогнозируемой удельной стоимости щебня в период строительства описывается функцией вида

$$C(t) = 2,84t^2 + 48,26t + 305,1,$$

где t – относительная продолжительность строительства, в рассматриваемом примере рассчитывается по формуле  $t=T/24$  ( $0 \leq t \leq 1$ ).

Выполним исследование влияния относительной продолжительности поставок щебня K на закономерности изменения графика поставки материала и среднюю удельную стоимость  $C_{cp}$  завезенного на объект щебня.

Результаты расчетов параметров оптимального графика поставки щебня, при изменении  $K_{t_0}$  от 1 до 0,2, приведены в таблице. Анализ полученных результатов подтверждает ранее изложенную гипотезу о том, что сокращение относительной продолжительности поставки щебня  $K_{t_0}$  позволяет снизить среднюю стоимость материала  $C_{cp}$  (рис. 1).

Относительная продолжительность поставки $K_{t_0}$	Коэффициенты уравнения		Параметры графика поставки			Средняя удельная стоимость поставляемого щебня $C_{cp}$ , м <sup>3</sup>
	$\zeta_k$	$\eta_k$	Максимальный объем партии $V_{SK}$ , м <sup>3</sup>	Относительный срок максимальной партии поставки, $t_{SK}$	Объем последней поставки, $V_{ok}$	
1	-23789	23877	6792	0,50	888	330,22
0,8	-48419	38852	8594	0,40	893	325,05
0,6	-119434	71824	11598	0,30	898	319,95
0,4	-418914	167823	17608	0,20	903	314,92
0,2	-3478644	696269	35641	0,10	908	309,97

Экономический эффект от сокращения продолжительности поставки материала на объект составляет 81194 руб. (рис. 2), определяется величиной снижения общих затрат на закупку и транспортировку щебня на объект, которая рассчитывается по формуле

$$\Delta C_{щ} = V_{об} (C_{ср.к} - (aK_{t_0} + b)) \quad (6)$$

где  $V_{об}$  – общий объем поставляемого материала;  $C_{ср.к}$  – средняя удельная стоимость материала в конце строительства объекта; а и b – коэффициенты уравнения, описывающие зависимость средней стоимости щебня от относительной продолжительности его поставки на объект (зависят от уровня прироста удельной стоимости материала в период строительства объекта).

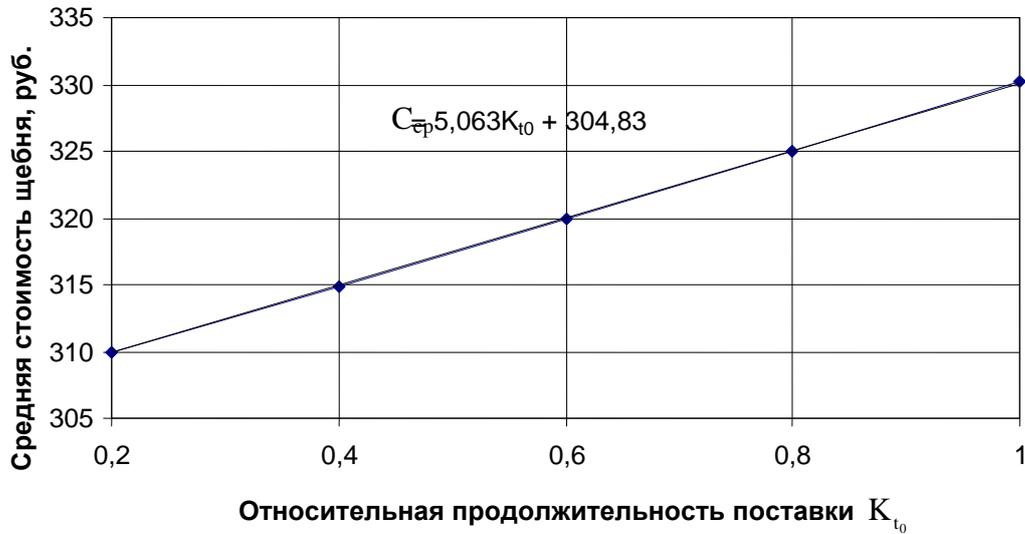


Рис. 1. Зависимость средней стоимости щебня от относительной продолжительности его поставки  $K_{t_0}$  на объект

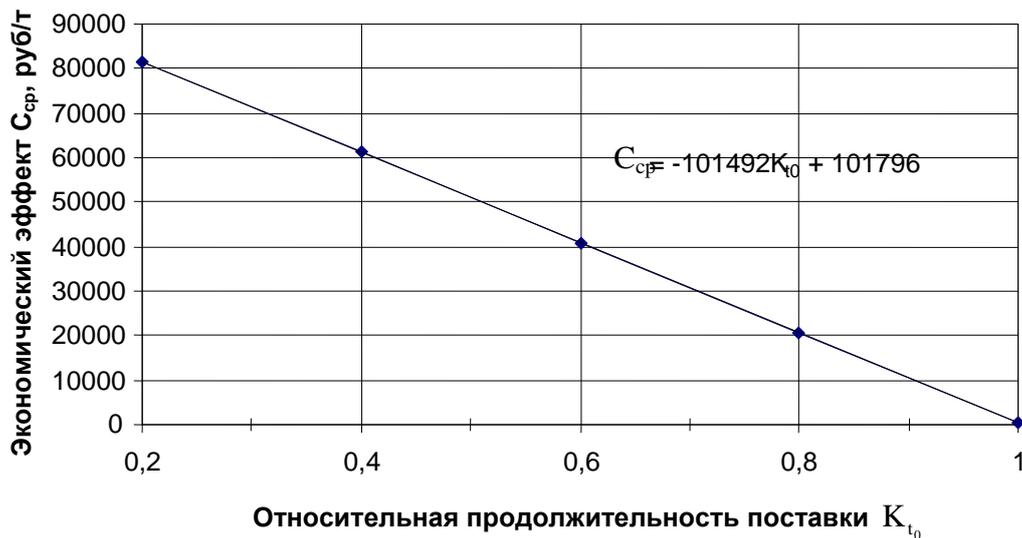


Рис. 2. Экономический эффект от сокращения сроков поставки щебня

### Выводы

1. «Траектория» графика поставки строительных материалов функционально зависит от даты начала и продолжительности периода поставок  $t_k$ . Календарный график поставок материала в значительной степени определяется «средней» удельной стоимостью завозимого материала  $C_{ср.к.}$  в период строительства.

2. Между относительной продолжительностью поставок  $K_{t_0}$  и средней зависимостью  $C_{ср}$  завозимого на объект материала существует функциональная связь  $C_{ср} = \varphi(K_{t_0})$ , график которой для рас-

смотренного примера приведен на рисунке 1. Вид уравнения  $C_{cp} = \varphi(K_{t_0})$  определяется по предложенному алгоритму на основе статистической информации о характере изменения удельной стоимости завозимого материала в период строительства объекта.

3. Выполненные исследования показали, что поскольку  $C_{cp} = \varphi(K_{t_0})$  – монотонно возрастающая функция, то существует функция  $K_{t_0} = \varphi^{-1}(C_{cp})$ , позволяющая определить «траекторию» графика поставки материала на объект по средней стоимости ресурса  $C_{cp}$ , поставляемого на объект.

4. Предложенный алгоритм выбора стратегии поставок материалов имеет практическую значимость, позволяет на основе мониторинга стоимости материалов и транспортных услуг выполнить менеджмент ресурсного обеспечения дорожно-строительных объектов в условиях неопределенности, с учетом различного рода рисков и ограничений на поставки материалов по времени, объему, номенклатуре.

### Литература

1. Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В. Метод оптимизации планов ремонта участков лесных автомобильных дорог // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6.



УДК 338.2:338.012

А.В. Орлов, Ф.Ф. Юрлов

### АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ЭЛЕКТРОЁМКОСТИ ДОБЫЧИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

*Статья посвящена эконометрическому моделированию электроёмкости ВЭД «Добыча полезных ископаемых». Выявлены факторы, оказывающие наибольшее влияние на формирование электроёмкости.*

**Ключевые слова:** эконометрическое моделирование, электроёмкость, добыча полезных ископаемых, корреляционно-регрессионный анализ.

A.V. Orlov, F.F. Yurlov

### ELECTRIC INTENSITY FACTOR ANALYSIS IN THE PROCESS OF FUEL AND POWER RESOURCE MINING

*The article is devoted to the electric intensity econometric modeling of TEA "Mining operations". The factors, which have the greatest impact on the electric intensity formation, are revealed.*

**Key words:** econometric modeling, electric intensity, mining operations, correlation and regression analysis.

Сокращение энергоёмкости валового внутреннего продукта и основных отраслей народного хозяйства входит в число важнейших стратегических задач России, которая по уровню потребления энергоресурсов в 2–3 раза превышает ведущие страны мира.

Проблемы эффективного энергопотребления и энергосбережения всегда являлись достаточно актуальными. Высокая электроёмкость российской экономики дорого обходится стране с точки зрения обеспечения энергетической безопасности, доходной части государственного бюджета, конкурентоспособности промышленности, здоровья населения и охраны окружающей среды, но в то же время предоставляет значительные возможности для экономии [1].

Особо остро вопрос эффективного энергопотребления стоит перед отечественной нефтегазовой отраслью, так как именно данный сектор экономики, обеспечивающий 10–12% мировой добычи нефти, является одним из самых больших потребителей различных видов энергии.

Проблема сокращения энергоёмкости нефтегазового сектора экономики во многом связана с тем, что он часто воспринимается не как потребляющий энергоресурсы, а как их производящий, в то же время именно данная сфера экономики характеризуется высоким уровнем энергоёмкости.

Нефтегазодобывающая отрасль относится к достаточно энергоёмкому производству. При огромных объемах добычи нефти и газа собственное потребление топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) достигает