

МРНТИ 44.31.01

В.Л. Исаев | ©



Канд. техн. наук, доцент

ORCID

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-0610-5818>

Карагандинский технический университет



г. Караганда, Казахстан

[isaevvalerie@gmail.com](mailto:isaevvalerie@gmail.com)<https://doi.org/10.55956/XUMJ2006>

## РАСХОД УСЛОВНОГО ТОПЛИВА ПО ОБОБЩЕННОМУ ГРАФИКУ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ТЕПЛОЙ НАГРУЗКИ ГОРОДОВ ЕАЭС

**Аннотация.** Обоснован на отопительный период обобщенный график продолжительности тепловой нагрузки для характерных по климатическим условиям городов стран ЕАЭС, спланирован расход теплоты и условного топлива посредством выбора городов по значениям абсолютного максимума отрицательных температур в отопительный период, а также формирования температурного максимума теплогенерации на ТЭЦ и удельных затрат условного топлива на выработку тепла в режиме годовых графиков продолжительности отопительной нагрузки 15 городов. Планирование выполнено с аппроксимацией данных обобщенным графиком продолжительности тепловой нагрузки и логарифмическим уравнением расхода теплоты и условного топлива для покрытия тепловых нагрузок с учетом отклонений при аппроксимации.

**Ключевые слова:** тепловая нагрузка, условное топливо, отопительный период.



Исаев, В.Л. Расход условного топлива по обобщенному графику продолжительности тепловой нагрузки городов ЕАЭС [Текст] / В.Л. Исаев // *Механика и технологии / Научный журнал*. – 2021. – №3(73). – С.50-57. <https://doi.org/10.55956/XUMJ2006>

**Введение.** Практика планирования тепловой нагрузки и прогноз запаса условного топлива на отопительный период основаны на индивидуальных для каждого участника из стран ЕАЭС графиках продолжительности тепловой нагрузки по отдельно взятому городу, району, региону, стране. Обеспечение технико-экономического сотрудничества с учетом развития экономической интеграции, углубление номенклатуры и повышение объемов теплоэнергетическими ресурсами, например, топливом обуславливают актуальность оценки расхода условного топлива по обобщенному графику продолжительности тепловой нагрузки городов стран ЕАЭС.

Задача по планированию расходов условного топлива по обобщенному графику продолжительности тепловой нагрузки городов стран ЕАЭС является актуальной.

Базовыми параметрами в расчете графика продолжительности тепловой нагрузки являются температура наружного воздуха и

продолжительность отопительного периода в климатических условиях рассматриваемых поселений [1].

Целью статьи является обоснование обобщенного графика продолжительности тепловой нагрузки для городов стран ЕАЭС и прогнозирование годового расхода условного топлива.

**Условия и методы исследований.** Выбор городов выполнен по значениям абсолютного минимума температур отопительного периода, который формирует температурный максимум теплогенерации на ТЭЦ и удельные затраты условного топлива на выработку тепла в этом режиме (табл.1). Построению графика продолжительности тепловой нагрузки предшествует график тепловой нагрузки в зависимости от температуры наружного воздуха для тепловых нагрузок по видам теплоснабжения при трех характерных температурах наружного воздуха: начало отопительного периода, расчетные температуры для отопления и вентиляции [2]. По годовым графикам продолжительности отопительной нагрузки для группы территорий ЕАЭС (рис.1), построен усредненный график продолжительности отопительной нагрузки (рис. 2) с использованием программных комплексов Advanced Grapher 2.2, Corel Draw X7 и известных методик [2-4].

Таблица 1

Средние отклонения отопительной нагрузки от логарифмической зависимости средних значений продолжительности отопительной нагрузки [3]

Город	Среднее отклонение отопительной нагрузки, А %
Верхоянск	679,82
Костанай	35,78
Жезказган	23,43
Ангарск	155,67
Поти	-12,17
Тараз	-9,84
Вилуйск	231,27
Караганда	114,29
Москва	29,50
Душанбе	-17,44
Красноводск	-24,64
Ярославль	1,05
Киев	7,79
Нур-Султан	48,98
Алматы	-8,46

Годовые графики продолжительности отопительной нагрузки городов по данным, взятым из «Климатологические данные населенных пунктов для расчета отопительно-вентиляционных нагрузок и годового потребления теплоты» [1] представлены на рисунке 1 и занимают левую нижнюю зону до 0,6 МВт по ординате  $Q$  и 6 Мсек по абсциссе  $t$ . Графики поделены цветами на общие населенные пункты с похожими тепловыми режимами. Поэтому, графики желтых, красных, оранжевых цветов соответствуют более теплым территориям, а вот линии черных, фиолетовых оттенков – более холодным,

графики зеленых тонов, коричневых, синих – территории по средними характеристиками климата.

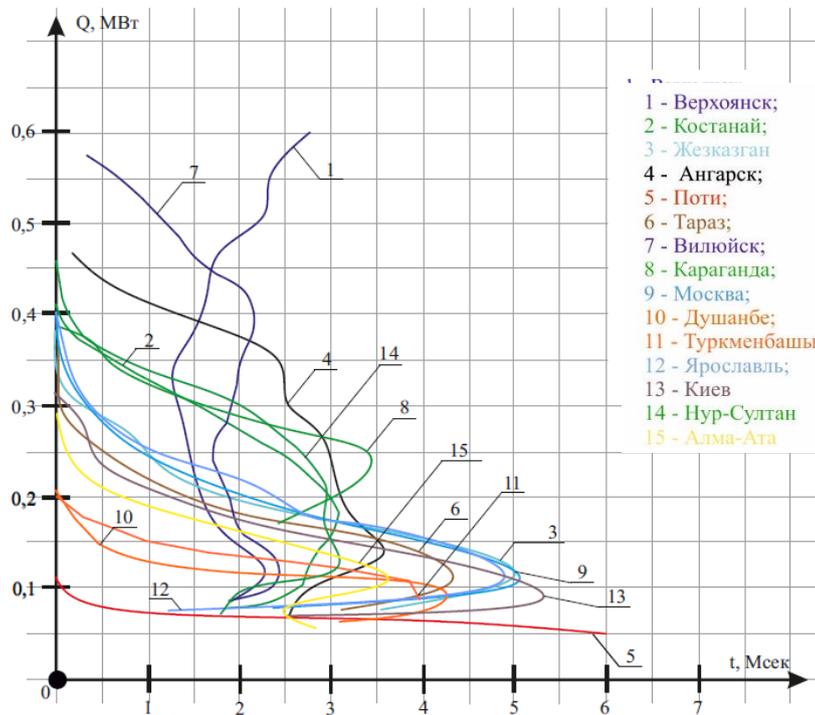


Рис. 1. Годовые графики продолжительности отопительной нагрузки 15 городов [3,4]

Усредненный график продолжительности отопительной нагрузки по всем представленным территориям изображен на рисунке 2.

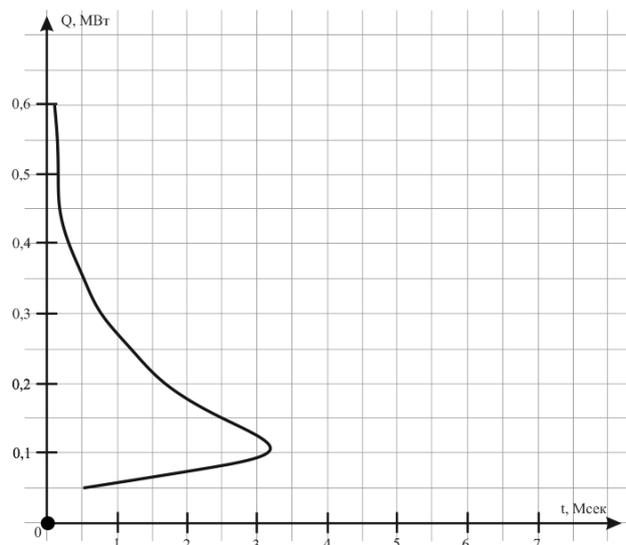


Рис. 2. График средних значений продолжительности отопительной нагрузки по 15 городам [4]

Средние отклонения отопительной нагрузки по городам (см.табл. 1) выделены цветом строчки таблицы в зависимости от климата указанных городов. Красные оттенки в таблице - для территорий с теплым климатом, зеленые тона – для города с холодным климатом. Для доступности понимания приведенной в графической зависимости данных, значения длительности стояния температур суммируются за весь отопительный период, а не откладываются от начала координат, как было сделано при построении предыдущего графика средних значений продолжительности отопительной нагрузки по 15 городам. Средние отклонения отопительной нагрузки по городам (табл. 1), выделены цветом строчки таблицы в зависимости от климата указанных городов. Красные тона в таблице 1 - для города с теплым климатом, зеленые тона – для города с холодным климатом.

**Результаты исследований.** Проведем общий анализ и синтез графиков отопительной нагрузки выбранной группы городов с учетом климатических данных городов для расчета вентиляционно-отопительных нагрузок и ежегодного использования теплоты.

Часть населенных пунктов имеют общие тепловые графики. Самыми холодными населёнными пунктами являются Верхоянск и Вилюйск. Самыми теплыми – территории городов Поти, Душанбе, Красноводск. Города Жезказган, Москва и Ярославль имеют схожие по геометрии графики продолжительности отопительной нагрузки, значения которых переключаются на всем диапазоне длительности стояния температур.

Для каждой  $k$ -той зависимости из семейства  $k = 1, 2, \dots, 15$  годовая тепловая нагрузка  $Q_k$  обеспечена сжиганием физического  $B_k$  или условного  $Y_k$  топлив:

$$Q_k = Q_k(t), \quad (1)$$

$$Q_k = B_k Q_n^P, \quad (2)$$

$$Y_k = \left( \frac{1}{29,3} \right) B_k Q_n^P, \quad (3)$$

где теплосодержание условного топлива - 29,3 МДж.

Прогноз годового запаса условного топлива для всех  $n$ -ных теплопотребителей:

$$\sum Y_k = \left( \frac{1}{29,3} \right) \sum Q_k \quad (4)$$

соответствует удельному расходу условного топлива:

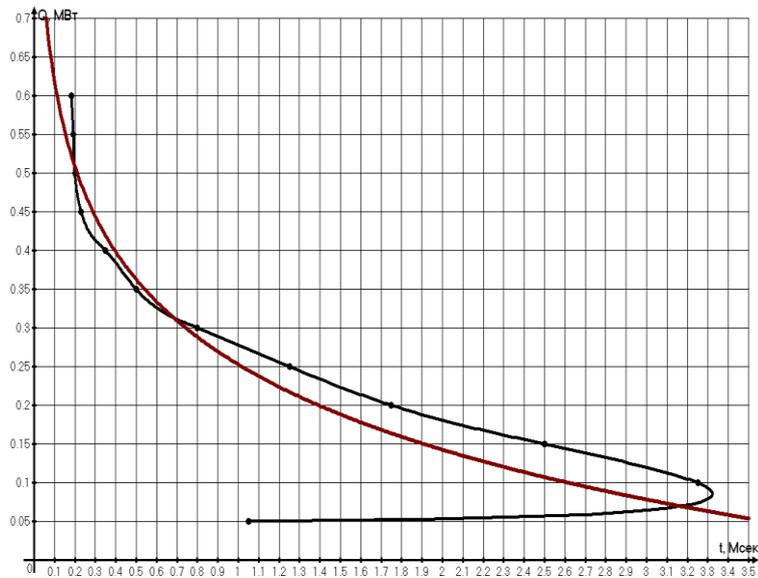
$$\frac{\sum Y_k}{\sum Q_k} = 0,034, \frac{\text{кг у.т.}}{\text{МДж}} \quad (5)$$

Зависимость продолжительности отопительной нагрузки от длительности стояния для городов ЕАЭС (см.рис. 2) имеет нелинейный петлеобразный характер. Анализ показывает, что большее стояние температур приходится на значения температуры наружного воздуха на улице. Затраты с высокими нагрузками теплоснабжения приходятся на относительно короткие отрезки времени, тогда наружная температура воздуха приближается к расчетному минимуму.

Для упрощения синтеза полученной функции и формирования обобщенного графика продолжительности тепловой нагрузки городов ЕАЭС:

$$Q=Q(t) \quad (6)$$

аппроксимирован график функции (рис. 2) на логарифмическую, график которой устанавливает зависимость средних значений продолжительности отопительной нагрузки в виде экспоненты (рис. 3), при коэффициентах отклонений А (табл. 1).



а – красный цвет, график логарифмической зависимости средних значений продолжительности отопительной нагрузки (обобщенный график продолжительности тепловой нагрузки); б – черный цвет, график средних значений продолжительности отопительной нагрузки по 15 городам [2].

Рис. 3. Графики средних значений продолжительности отопительной нагрузки

Функция (6) имеет вид:

$$Q(t) = -0,159 \ln t + 0,253, \text{ МВт} \quad (7)$$

где: 0,159 и 0,253 – коэффициенты уравнения.

Наибольшее среднее отклонение отопительной нагрузки выявлено для города Верхоянска: 679,8%, наименьшее – для Ярославля: 1,05%.

Анализ значений таблицы 2 показывает, что графики городов с теплым климатом находятся под кривой логарифмической зависимости средних значений продолжительности отопительной нагрузки и отклонения имеют отрицательные значения, а графики городов с холодным климатом находятся над кривой и имеют положительные значения отклонений. По представленным отклонениям наглядно представлены самые «холодные» и самые «теплые» города, причем данные таблицы и графика совпадают, что подтверждает их достоверность.

Расход физического  $B$  или условного  $Y$  топлива по обобщенному графику продолжительности тепловой нагрузки (7):

$$B = -0,00543 \ln t + 0,00863, \text{ кг/год} \quad (8)$$

$$Y = \left( \frac{1}{29,3} \right) B Q \frac{P}{n}, \text{ кг у.т./год} \quad (9)$$

где  $Q \frac{P}{n}$  - теплосодержание в рабочей массе планируемого топлива.

Если  $Q(t)k = (1 + A) B k Q \frac{P}{n} k$ , то для  $k$ -того теплопотребителя, использующего физическое топливо  $Bk$  с низшей теплотой сгорания  $Q \frac{P}{n} k$ , прогноз расхода условного топлива  $Yk$ :

$$Yk = \left( \frac{1}{29,3} \right) (1 + A) B k Q \frac{P}{n} k, \text{ кг у.т./год} \quad (10)$$

**Обсуждение научных результатов.** Результаты работы опираются на обобщение годовых тепловых нагрузок и определение величины запаса условного топлива к предстоящему отопительному периоду с использованием методов научного исследования: анализа и синтеза, программного обеспечения.

Актуальной темой обсуждения является практическое значение полученных научных результатов. Существующая практика планирования запасов топлива на предстоящий отопительный сезон из года в год основывается на расчете величины условного топлива с последующим формированием физического топлива по ее видам в соответствии с климатическими условиями для каждого поселения с нагрузками теплоснабжения, для которых предварительно рассчитывают график годового теплопотребления в зависимости от длительности стояния наружных температур. Такой расчет запаса топлива для каждой страны достаточно трудозатратен и более усугубляется для каждой отдельной страны в рамках сотрудничества для единого планирования запасов топлива, в едином развитии технико-экономического сотрудничества с учетом развития экономической интеграции, углубления номенклатуры и повышения объемов теплоэнергетическими ресурсами, например, топливом сотрудничества государств ЕАЭС. Практическое значение полученных научных результатов обусловлено возможностью планирования запасов топлива на предстоящий отопительный сезон расчетом величины условного топлива по обобщенному графику продолжительности тепловой нагрузки, а для каждой конкретной страны или города величина условного топлива определяется добавлением среднего отклонения отопительной нагрузки  $(1+A)$  для средних значений продолжительности отопительной нагрузки в логарифмической зависимости.

Проведенные исследования по обобщению годовых тепловых нагрузок и определение величины запаса условного топлива к предстоящему отопительному периоду выполнены с использованием методов научного исследования: программного обеспечения: Advanced Grapher 2.2; MS Excel; Corel Draw X7, анализа и синтеза с получением нового полезного результата по планированию запасов топлива.

**Заклучение.** Таким образом, актуальная задача по планированию расхода условного топлива для каждого из участников ЕАЭС может быть решена по графику зависимости  $Q=Q(t)$ , уравнению расхода условного топлива  $Y_k$  для индивидуальных значений показателя используемого топлива  $Q \frac{P}{n} k$ , температуры наружного воздуха искомого региона с учетом средних отклонений отопительной нагрузки «А» логарифмической зависимости от средних значений продолжительности отопительной нагрузки (длительности стояния температур наружного воздуха), по обобщенному графику продолжительности тепловой нагрузки и уравнению  $B=B(t)$ .

#### Список литературы

1. Манюк, В.И. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей [Текст] / В.И. Манюк, Я.И. Каплинский, Э.Б. Хиж, А.И. Манюк, В.К. Ильин. – М.: Стройиздат, 2018. – 432 с.
2. Сафонов, А.П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям [Текст]: учебн. пособие для вузов / А.П. Сафонов. – М.: Энергоатомиздат, 2015. – 232 с.
3. Манюк, В.И. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей [Текст] / В.И. Манюк. – М.: Стройиздат, 2013. – 212 с.
4. Прибытков, И.А. Теоретические основы теплотехники [Текст] / И.А. Прибытков, И.А. Левицкий; Под ред. И.А. Прибыткова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 464 с.

*Материал поступил в редакцию 27.09.21.*

**В.Л. Исаев**

*Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан*

#### **ЕЭО ҚАЛАЛАРЫНЫҢ ЖЫЛУ ЖҮКТЕМЕСІ ҰЗАҚТЫҒЫНЫҢ ЖАЛПЫЛАНҒАН КЕСТЕСІ БОЙЫНША ШАРТТЫ ОТЫН ШЫҒЫНЫ**

**Аңдатпа.** ЕЭО елдерінің климаттық жағдайларына ұқсас қалалары үшін жылу жүктемесі ұзақтығы кестесі бойынша жылыту кезеңіне негізделген, жылу мен шартты отын шығысы: - жылыту кезеңінде теріс температуралардың абсолюттік максимумының мәндері бойынша қалаларды таңдау арқылы жоспарланған; - ЖЭО-да жылу өндірудің температуралық максимумын және 15 қаланың жылу жүктемесі ұзақтығының жылдық аппроксимация режимінде жылу өндіруге шартты отынның үлестік шығындарын қалыптастыру, оны жылу жүктемесінің ұзақтығының жалпыланған графигімен және жуықтау кезіндегі ауытқуларды ескере отырып, жылу жүктемелерін жабуға арналған жылу мен шартты отын шығысының логарифмдік теңдеуіне жақындастыру мәселелері қарастырылған.

**Тірек сөздер:** жылу жүктемесі, шартты отын, жылыту кезеңі.

**V.L. Issayev**

*Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan*

#### **CONDITIONAL FUEL CONSUMPTION ACCORDING TO THE GENERALIZED SCHEDULE OF THE DURATION OF THE HEAT LOAD OF THE EAEU CITIES**

---

**Abstract.** The generalized schedule of the duration of the heat load for the cities of the EAEU countries characteristic of the climatic conditions is justified for the heating period, the consumption of heat and conventional fuel is planned by means of: - selection of cities based on the values of the absolute maximum of negative temperatures during the heating period; - the formation of the temperature maximum of heat generation at the CHPP and the specific costs of conventional fuel for heat generation in the mode of annual schedules of the duration of the heating load of 15 cities with its approximation by a generalized schedule of the duration of the heat load and a logarithmic equation of the heat consumption and conventional fuel to cover the thermal loads, taking into account deviations in the approximation.

**Keywords:** heat load, conditional fuel, heating period.

#### References

1. Manyuk V.I., Kaplinskij Y.I., Hizh E.B., Manyuk A.I., Il'in V.K. Naladka i ekspluatatsiya vodyanyh teplovyh setej [Adjustment and operation of water heating networks]. – Moscow: Strojizdat, 2018. – 432 p. [in Russian].
2. Safonov A.P. Sbornik zadach po teplofikacii i teplovym setyam [Collection of tasks on district heating and heating networks]. – Moscow: Energoatomizdat, 2015. – 232 p. [in Russian].
3. Manyuk V.I.. Naladka i ekspluatatsiya vodyanyh teplovyh setej [Adjustment and operation of water heating networks]. – Moscow: Strojizdat, 2013. – 212 p. [in Russian].
4. Pribytkov I.A., Levickij I.A. Teoreticheskie osnovy teplotekhniki [Theoretical foundations of heat engineering]. – Moscow: Akademiya, 2004. – 464 p. [in Russian].