

УДК 621.3

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ
В ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ****Жакишев Б.А.***(к.т.н., доцент, СКГУ им. М. Козыбаева, г. Петропавловск)***Атыякшева А.В.***(доцент, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана)***Имамбаева Р.С.***(к.т.н., доцент, Евразийский Национальный университет имени Л. Гумелева,
г. Астана)***Имамбаев Н.С.***(магистр, СКГУ им. М. Козыбаева, г. Петропавловск)***Абрамян Г.А.***(студентка, СКГУ им. М. Козыбаева, г. Петропавловск)***Аңдатпа**

Ғылым мен техника саласындағы әртүрлі бөлімдерді зерттеуде және есептеуде, жарамды және дәлелденген заңдылықтар мен ережелер қолданылады. Мәселен, мысалы, гидравлика, құбырлардағы сұйықтық ағынының ұғымы бар, егер таратушы қондырғыдағы кіретін сұйықтық мөлшері осы құрылғыдан шығатын сұйықтықтың бірдей мөлшеріне тең болса. Электротехникада бірдей ережелер бар, онда түйіндегі кіріс электр тогының көлемі осы түйіннен шығатын электр тогының бірдей көлеміне тең. Оқшауланған құрылыстың немесе қабаттың жылуөткізгіштік қасиеттеріне және сыртқы факторлардан олардың жылу қорғаушы сипаттамаларын сәйкестендіруге байланысты жылу есептегішін есептеу кезінде Фурье заңын қоса алғанда көптеген заңдар қолданылады, сондай – ақ әдістер, мысалы, электротермиялық ұқсастығы.

Түйінді сөздер: температура, жылу өткізгіштік, кедергі, материалды қабат, жылу ағыны.

Аннотация

В исследованиях и расчетах различных разделов в области науки и техники применяются, проверенные и доказанные закономерности и правила. Так, например, в гидравлике существует понятие протекания жидкости в трубопроводах, когда количество входящей жидкости в узел распределения равно такому же количеству выходящей жидкости из этого узла. Такие же правила существуют и в электротехнике, где говорится, что количество входящего электрического тока в узел равно такому же количеству электрического тока выходящего из этого узла. При выполнении теплотехнических расчетов, касающихся теплопроводности изолирующей конструкции или слоя и выявления их теплозащитных характеристик от внешних факторов, применяются множество различных законов, в том числе и закон Фурье, а также методов, например, метод электротепловой аналогии.

Ключевые слова: температура, теплопроводность, сопротивление, материальный слой, тепловой поток.

Annotation

In studies and calculations of various sections in the field of science and technology, validated and proven regularities and rules are applied. So, for example, in hydraulics, there is the concept of fluid flow in pipelines, when the amount of incoming liquid in the distribution unit is equal to the same amount of fluid leaving this unit. The same rules exist in electrical engineering, where it is said that the amount of incoming electric current in a node is equal to the same amount of electric current coming out of this node. When performing heat engineering calculations relating to the thermal conductivity of an insulating structure or layer and the identification of their heat – shielding characteristics from external factors, many different laws are applied, including the Fourier law, as well as methods, for example, the method of electrothermal analogy.

Key words: temperature, heat conductivity, resistance material layer, heat flux.

Введение

В сущности, электротепловая аналогия – это способ, позволяющий сводить расчёт тепловых систем к расчёту электрических схем, при этом электрическое напряжение $U = (\varphi_1 - \varphi_2)$ соответствует разности температур $\Delta t = (t_1 - t_2)$, сила электрического тока I – тепловому потоку Q , а электрическое сопротивление R_{ele} – термическому сопротивлению $R_{term} = \delta/\lambda$. Для этого тепловые величины заменяются их электрическими аналогами, затем рассчитывается электрическая схема и находится искомая тепловая величина. Однако, способ такого расчета заключается в том, что исследование переноса теплоты заменяется более простым в экспериментальном отношении исследованием распространения электричества в геометрически подобной модели рассматриваемого тела [1], которая подразумевает обязательное изготовление опытного и исследовательского макета установки, а для подбора термического сопротивления требуется создание такого электрического сопротивления имитирующего элемента соответствующее разным значениям эксплуатируемых строительных, изоляционных и прочее материальных слоев. Не смотря на имеющиеся недостатки, данная методика для описания процесса распространения тепла широко применяется в научно – исследовательских работах по технологии резины, при моделировании тепловых потоков в стационарном и не стационарном режимах и многих других случаях.

Пользуясь электротепловой аналогией, можно составить систему уравнений, поддающаяся математическому описанию процессов электропроводности и

теплопроводности, которые схожи по своей сути. Так, согласно закона Ома, $I = \frac{U}{R_{ele}}$ ток, протекающий по участку электрической цепи в проводнике равно отношению напряжения на этом участке к электрическому сопротивлению, такое же аналогичное описание процесса теплового потока через материальный слой можно записать для

теплотехнических величин $Q = \frac{\Delta t}{R_{term}}$, где электрический ток соответствует тепловому потоку, напряжение соответствует разности температур, в действительности напряжение есть разность потенциалов, сопротивление электрического проводника соответствует термическому сопротивлению материального слоя.

В источнике [2] метод электротепловой аналогии описан на основе электроинтеграторов П.Ф. Фильчикова с моделями из электропроводящей бумаги и Л.И. Гутенмахера с электромоделирующими цепями. Применение электроинтеграторов для нахождения температурных полей целесообразно использовать в том случае, если конструкция состоит из материалов, имеющих сравнительно близкие коэффициенты теплопроводности.

Как известно, материальные слои существующих ограждающих конструкций, перекрытий, оболочек, обмуровок и т.д. имеют очень широкий диапазон разброса теплотехнических характеристик и в этой связи использование опытно–экспериментальных интегрирующих систем не оправдывает затраченных усилий. Однако, схожесть сути процессов, протекающих в цепях электрического тока и материальных слоях конструкций, позволяют решить данную задачу аналоговыми способами, не прибегая к изготовлению опытно – исследовательских интегрирующих модулей для расчета тепловых потоков.

Что бы решить поставленную задачу, рассмотрим пример расчета однослойной конструкции, для условий эксплуатации ограждающей конструкций в нормальном влажностном режиме помещения и в сухой климатической зоне, в каком расположена

территория Республики Казахстан. В качестве исследуемого слоя, выбираем кирпичную кладку из глиняного обыкновенного на цементно–перлитовом растворе, толщиной $\delta = 0,5$ метров, расчетным коэффициентом теплопроводности, который принят согласно источника [3], $\lambda = 0,58$ Вт/(м°С) и температурой одной поверхности $t_1 = 25$ °С, другой поверхности $t_2 = 15$ °С. Для рассмотрения частного случая приведен Рисунок 1. Прохождение теплового потока через ограждение происходит в три этапа, в первом случае тепло окружающей среды с наибольшими температурными параметрами воспринимается поверхностью с одной стороны, затем проходит через толщу ограждения, достигает его противоположной поверхности, соприкасающейся с ней окружающей среды с наименьшими температурными параметрами и отдается окружающей среде с низкими температурными параметрами.

Учитывая, последовательное и поэтапное прохождение теплового потока через слой ограждения, где существуют сопротивления тепловосприятию и теплоотдаче поверхностями, кроме термического сопротивления, следует также рассчитать их.

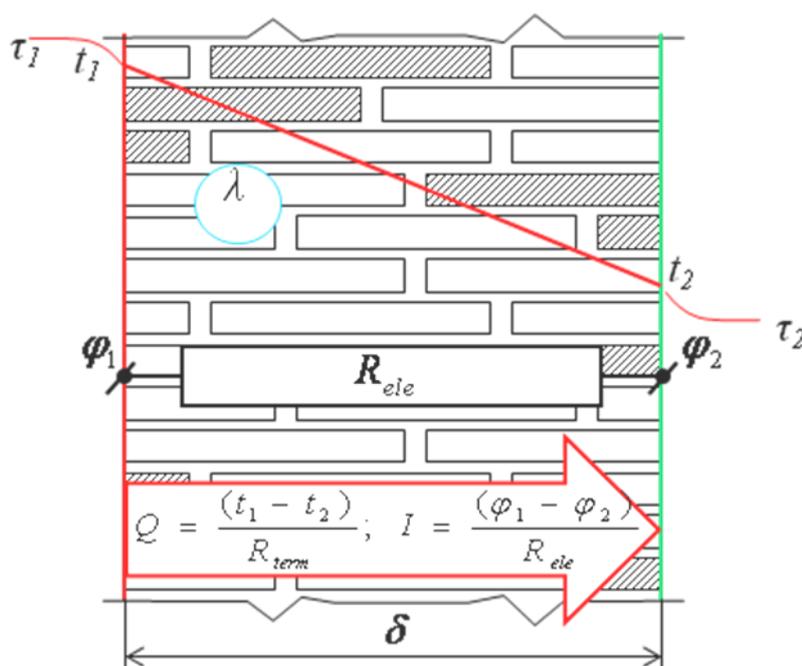


Рисунок 1 – Схема электротепловой аналогии

Итак, общее расчетное термическое сопротивление будет выглядеть следующим образом:

$$R_{term} = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (1)$$

где δ – толщина однородной ограждающей конструкции или слоя; λ – расчетный коэффициент теплопроводности однородного слоя ограждения [3].

Подставив имеющиеся данные и нормативные данные находим общее сопротивление однослойной ограждающей конструкции, которая примет вид.

Для определения количества тепловой

энергии, проходящее через слой данного ограждения определим подставив в приведенную формулу электротепловой аналогии:

Полученное значение теплового потока, можно сравнить с силой тока на участке электрической цепи и сопоставить с законом Ома для участка цепи:

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{R_{ele}} = \frac{U}{R_{ele}}$$

Однако следует иметь в виду, что ток, протекающий в цепи, определяется с учетом внутреннего сопротивления источника электрической энергии и тогда

становится очевидным то, что $(\tau_1 - \tau_2) \neq U$, а разность этих температур равно значению ЭДС (E), т.е.:

$$(\tau_1 - \tau_2) = E,$$

где E – это электродвижущая сила источника энергии.

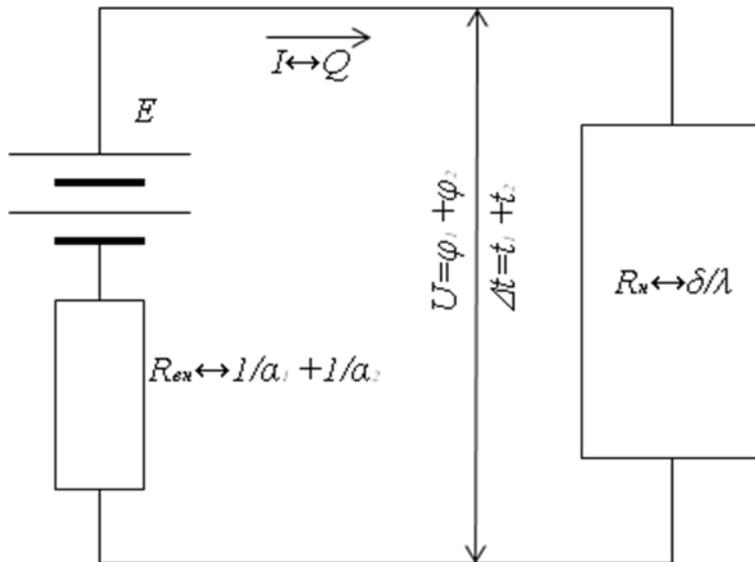


Рисунок 2 – Электрическая схема для тепловой аналогии

На Рисунке 2 приведена электрическая схема для тепловой аналогии, учитывающая внутреннее сопротивление источника электрической энергии, с целью согласования закона Ома для полной цепи с объектом исследования.

В действительности в ранее рассматриваемых методиках, не учитывалось значение внутреннего сопротивления источника электрической энергии, при описании тепловой аналогии. Ведь рассматриваемый источник тепла в тепловой аналогии – это есть создаваемая разность

температур, некой субстанцией. И для полноценного толкования закона Ома в теплопроводящих закономерностях, следует учесть его в полной мере. В этом смысле можно предположить, что сумма обратного коэффициента тепловосприятости поверхности ограждения и обратного коэффициента теплоотдачи поверхности ограждения это есть внутреннее сопротивление источника энергии:

$$\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right) = R_{вн}$$

В таком случае, согласно рисунка 2, общий ток I , будет соответствовать тепловому потоку Q , а аналогия примет вид:

$$I \leftrightarrow Q$$

Тогда определение потока тепла, согласно электрической аналогии примет вид:

$$I = \frac{E}{R_{вн} + R_n} \leftrightarrow Q = \frac{(\tau_1 - \tau_2)}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right) + R_{term}} = \frac{(31 - 15)}{\left(\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} \right) + 0,86} = \frac{16}{1,02} = 15,7 \left(\frac{Вт}{м^2} \right)$$

где E соответствует разности температур внутренней и наружной среды, соприкасающиеся с поверхностью рассматриваемого материального слоя. В литературном источнике [3] нормированный перепад температуры между внутренней средой и внутренней поверхностью ограждающего слоя, не должен превышать $6^{\circ}C$. Превышение нормированных значений перепада температуры приводит к образованию

конденсата на внутренней поверхности ограждающего слоя, что приводит к ухудшению теплозащитных свойств материального слоя, и, следовательно, уменьшению сопротивления, а характеристика данной системы будет иметь не линейные свойства.

Значение внутренней среды τ_1 принято с учетом нормированного перепада температуры Δt^{norm} относительно внутренней поверхности t_1 :

$$\tau_1 = t_1 + \Delta t^{norm} = 25 + 6 = 31^{\circ}C$$

Следует так же отметить, что значение температуры наружного слоя $\tau_2 = t_2$, принято равным наружной поверхности материального слоя, в виду отсутствия такого нормативного значения, касательно перепада температуры наружных приграничных слоев.

Применение электротепловой аналогии позволяет моделировать различные возможные варианты изменения температурного поля, увеличение разброса которого приводит к увеличению количества тепловой энергии. Для регулирования и поддержания требуемых параметров расчетной температуры, термическое сопротивление рассчитывается для определенных климатических зон согласно источника [3], а толщину слоя в результате можно регулировать, так как расчетное сопротивление теплопередаче ограждения приравнивается к нормативной величине для определенного района. Так нормативное сопротивление теплопередаче для определенной климатической зоны находят из выражения:

$$R_{term}^{norm} = \frac{n(\tau_1 - \tau_2)}{\Delta t^{norm} \alpha_1} = \frac{16}{6 * 8,7} = 0,3 \frac{Вт}{м^2},$$

где значения $n = 1$, $\Delta t^{norm} = 6^{\circ}C$, выбираются из источника [3].

Выводы

Полученный результат расчета, говорит о том, что выбранная толщина ограждения для климатической зоны с температурными параметрами, разброс которых составил $16^{\circ}C$, слишком велика. Поэтому толщину ограждения следует рассчитать, подставив вместо значения расчетного термического сопротивления в формуле (1) требуемое или нормативное термическое сопротивление равное 0,3. В результате математических преобразований толщина ограждающего слоя будет равна 0,16 м, вместо выбранных 0,5 м.

Таким образом, электротепловая аналогия расчета потока тепловой энергии позволяет решать задачи теплотехники с достаточной вероятностью достоверности получения искомых величин. Данное сравнение электротехнического расчета и расчета потока тепловой энергии позволяет моделировать и получать необходимые достоверные результаты, не прибегая к изготовлению специальных сопротивлений токопроводников, в масштабе имитирующие теплопроводность отдельных материальных слоев.

Литература:

1. Справочник химика 21 [Электронный ресурс] / Режим доступа <http://chem21.info/info/329872>.
2. Каня Я.Н. Строительная теплофизика и тепловой режим здания. Учебное пособие. Новосибирск 2005. – С. 35 – 38, 78 – 80.
3. Строительные нормы и правила Республики Казахстан (СНиП РК 2.04 – 03 – 2002 «Строительная теплотехника»).