основаны на взаимодействии веществ, загрязняющих отработанные масла, вводимых в эти масла реагентов. В результате химических реакций образуют соединения, легко удаляемые из масел. Наиболее предпочтительными являются: гидрогенизация; с помощью окислов, карбидов и гидридов металлов; кислотная и щелочная очистка.

Следующий метод очистки определяется как воздействие силового поля на взвешенные в жидкости частицы загрязнений. В зависимости от природы поля силовые очистители разделяются на три группы: гравитационные; центробежные; электрические.

Гравитационные очистители, обладая простой и дешевой энергией, имеют низкую эффективность удаления частиц загрязнений. Подробный анализ способов очистки масел показал, что наиболее широко применима и рациональна в условиях авиапромышленности в настоящее время центробежная очистка [1]. Однако, из-за некоторых присущих только ей недостатков (конструктивная сложность, наличие подвижных частей, большой вес, высокие энергозатраты), применение центрифуг в авиации не решает проблемы очистки полностью [2]. Существующие технические средства для очистки масел в промышленности подразделяются по назначению и видам работ, месту их выполнения, конструкции, способу обслуживания и т.д. Очевидна и актуальна задача разработки новых перспективных способов очистки, позволяющих увеличить чистоту жидкостей и снизить ее себестоимость.

Проблема чистоты жидкостей актуальна во всех отраслях машиностроения. Анализ проб, выполненных на базе ГСМ «ЛУКОЙЛ - Ставрополь», показал, что содержание механических примесей достигает (в граммах на тонну) в дизельном топливе – 400, в бензине – 100, в керосине – 197, в дизельном масле – 1422 [3]. В отдельных случаях на 1 л топлива, слитого из бака автомобиля и трактора, проработавшего в запыленных условиях, обнаружено более 2,5 г загрязняющих веществ.

1. Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А., Новиков Е.А. К вопросу об особенностях работы двигателя внутреннего сгорания и дизельного агрегата. Сборник научных статей XXXI Международной научно-практической конференции «Научные тенденции: вопросы точных и технических наук», 2020, Санкт-Петербург. – 179 с.
2. Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А. Влияние свойств топлива на летно-технические характеристики летательного аппарата. Сборник научных статей по итогам Национальной научно-практической конференции «Наука и практика в решении стратегических и практических задач устойчивого развития России». – Санкт-Петербург. – СПб: Изд-во «КульИнформПресс», 2019. – 188 с.
3. Мелентьев В.С. Лабораторный практикум по использованию двигателей. М.: Транспорт, 2013. -76 с.
4. Нейман Ш.И. Динамика авиационных двигателей. ЭИ в формате FB2.

Гладышев Н.Н., Базулин И.С.

Метод комплексной оценки эффективности систем централизованного теплоснабжения

*Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-11-2021-55

Аннотация

Рассмотрен новый подход к оценке эффективности централизованной системы теплоснабжения. Основной идеей метода является введение понятия полезно используемой теплоты у потребителя, что дает возможность получить КПД централизованной системы, а главным критерием оценки энергетической эффективности выступает расход топлива на источнике теплоснабжения.

Ключевые слова: система централизованного теплоснабжения, коэффициент полезного действия, полезная теплота, оценка эффективности.

Abstract

A new approach to evaluating the efficiency of a centralized heat supply system is considered. The main idea of the method is the introduction of the concept of usefully used heat

from the consumer, which makes it possible to obtain the efficiency of a centralized system, and the main criterion for evaluating energy efficiency is the fuel consumption at the heat supply source.

Keywords: centralized heat supply system, efficiency coefficient, useful heat, efficiency evaluation.

Созданные в РФ системы теплоснабжения отличаются самой высокой степенью централизации. В таких системах, именуемых системами централизованного теплоснабжения (СЦТ), источник теплоснабжения обслуживает десятки жилых зданий.

Эффективность работы любой энергетической системы определяется расходом потребляемого топлива. В РФ, созданные системы централизованного теплоснабжения обладают низкой энергоэффективностью, о чем свидетельствует расход потребляемого топлива, который более чем в 2 раза превышает расход топлива потребляемый в системах теплоснабжения таких стран, как Швеция или Финляндия.

Рассматривая СЦТ, как систему, состоящую из трех основных звеньев: источников теплоснабжения, транспортных коммуникаций и жилых зданий, выступающих в качестве потребителей теплоты, можно видеть, что отсутствие метода комплексной оценки эффективности всех её составляющих не позволяет определить причины столь высокого потребления топлива.

В основу предлагаемого метода оценки энергетической эффективности теплоснабжения положена общепринятая формула для определения КПД любой энергетической системы. Применительно для СЦТ указанная формула КПД представляет отношение полезно используемой теплоты в системах отопления зданий к первичной тепловой энергии топлива, сжигаемого в источнике теплоснабжения

$$\eta_{\text{сцт}} = \frac{\sum Q_{\text{пол}}}{B_{\text{т}} Q_{\text{р}}^{\text{н}}} \quad (1)$$

где $\sum Q_{\text{пол}}$ – суммарная полезная теплота всех отапливаемых зданий СЦТ;

$B_{\text{т}}$ – расход потребляемого топлива;

$Q_{\text{р}}^{\text{н}}$ – теплотворная способность сжигаемого топлива.

Для определения величины $Q_{\text{пол}}$, обратимся к балансовому уравнению отапливаемого здания, согласно которому, количество подводимой теплоты для поддержания требуемого температурного режима воздушной среды в нём или тепловая нагрузка $Q_{\text{от}}$ определяется суммой тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции $Q_{\text{огр}}$ и теплоты, затрачиваемой на нагревание наружного воздуха, проникающего во внутренний объем здания, составляющей инфильтрационную нагрузку здания $Q_{\text{инф}}$

$$Q_{\text{от}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{инф}} \quad (2)$$

Для упрощения, отопительную нагрузку будем рассматривать без учета теплоты, выделяемой бытовыми приборами и людьми, находящихся, в отапливаемом здании, так как эта теплота носит случайный характер и не поддается регулированию.

В здание с естественной вентиляцией наружный воздух проникает через имеющиеся неплотности в ограждающих конструкциях здания, а также через дверные и оконные проемы. Величина, обеспечивающая требуемый приток свежего наружного воздуха в помещения жилого здания, нормируется таким санитарным показателем, как кратность воздухообмена – m . Расход наружного воздуха, поступающий в здание и соответствующий нормативной кратности воздухообмена, необходимо считать полезным расходом ($G_{\text{пол}}$), а теплоту, затрачиваемую на его нагревание, необходимо считать полезной используемой теплотой здания $Q_{\text{пол}}$:

$$G_{\text{пол}} = V_{\text{взд}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot m;$$

где $V_{\text{взд}}$ – внутренний объем здания, м³;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха, м³/кг;

m – нормируемая кратность воздухообмена, 1/ч;

$$Q_{\text{пол}} = G_{\text{пол}} \cdot c_p \cdot (t_v - t_n),$$

где c_p – теплоемкость воздуха;

t_v, t_n – внутренняя и наружная температура воздуха.

В том случае, когда количество поступающего воздуха превышает полезный расход, можно говорить об избыточном воздухе ($G_{\text{изб}}$), проникающим в объем отапливаемого здания. На нагревание этого воздуха тратится дополнительная теплота, которую можно отнести к избыточно затрачиваемой теплоте или к инфильтрационным потерям.

В общем виде, расход наружного воздуха, поступающий в здание $G_{\text{инф}}$, можно представить в виде суммы полезного и избыточного расходов

$$G_{\text{инф}} = G_{\text{пол}} + G_{\text{изб}}.$$

Избыточная теплота определяется по уравнению

$$Q_{\text{изб}} = G_{\text{изб}} \cdot c_p \cdot (t_v - t_n).$$

Таким образом, инфильтрационная отопительная нагрузка здания составит

$$Q_{\text{инф}} = Q_{\text{пол}} + Q_{\text{изб}}.$$

Перепишем уравнение (1), выделяя из него расход потребляемого топлива

$$B_T = \frac{\sum Q_{\text{пол}}}{Q_p^n \cdot \eta_{\text{сцт}}}. \quad (3)$$

В представленном виде уравнение (3) не позволяет анализировать влияние эффективности отдельных звеньев СЦТ на расход потребляемого топлива. Поэтому КПД СЦТ $\eta_{\text{сцт}}$ целесообразно представить в следующем виде:

$$\eta_{\text{сцт}} = \eta_{\text{ист}} \cdot \eta_{\text{тс}} \cdot \eta_{\text{зд}} \quad (4)$$

где $\eta_{\text{ист}}$ – КПД источника теплоснабжения;

$\eta_{\text{тс}}$ – КПД тепловых сетей;

$\eta_{\text{зд}}$ – осреднённое значение КПД зданий.

КПД отапливаемого здания, характеризующий его энергетическую эффективность рассчитывается, как соотношение полезной теплоты $Q_{\text{пол}}$ к расчетной отопительной нагрузке, рассчитанной по уравнению (2)

$$\eta_{\text{зд}} = \frac{Q_{\text{пол}}}{Q_{\text{от}}} = \frac{Q_{\text{пол}}}{Q_{\text{инф}} + Q_{\text{огр}}} = \frac{Q_{\text{пол}}}{Q_{\text{пол}} + Q_{\text{изб}} + Q_{\text{огр}}}.$$

Во многих случаях для определения отопительной нагрузки жилых зданий широко используется следующее эмпирическое уравнение:

$$Q_{\text{от}} = q_o \cdot V_{\text{зд}} \cdot (t_{\text{вр}} - t_n),$$

где $t_{\text{вр}} = 18 \div 22^\circ\text{C}$ постоянно поддерживаемая внутренняя расчетная температура;

t_n – температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$;

q_o – удельная теплотеря, или отопительная характеристика здания (потеря теплоты теплопередачей через наружные ограждения при разности внутренней и наружной температуры в 1°C , отнесенная к 1 м^3 наружного объема здания, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$) принимается по справочной литературе;

$V_{\text{зд}}$ – объем здания по наружному обмеру, м^3 .

КПД отапливаемых зданий, главным образом зависят от тепловых потерь через ограждающие конструкции, причем свыше 40 % теплоты теряется через остекленную поверхность окон. В тоже время установка современных стеклопакетов с качественным уплотнением, снижает воздухоприток до таких значений, при которых требуется дополнительная установка на наружных стенах воздушных клапанов.

Если в качестве норматива кратности воздухообмена, как указано в работе [1], принять величину $m_n = 0,35$ (принятую в Москве с 2004 г.), то ориентировочные значения КПД зданий могут составить: для зданий высокой энергоэффективности $\eta_{\text{зд}} = 60 \% \div 95 \%$; для зданий средней энергоэффективности $\eta_{\text{зд}} = 40 \% \div 60 \%$; для зданий низкой энергоэффективности $\eta_{\text{зд}} = 20 \% \div 40 \%$.

Переходя к оценке эффективности транспортных коммуникаций, необходимо отметить, что тепловая сеть выполняет две функции:

1. функция – транспортировка сетевой воды, переносимой тепловую энергию, от источника к теплопотребляющему оборудованию здания;
2. функция – распределение сетевой воды, а следовательно и тепловой энергии по многочисленным абонентам, образующих централизованную систему теплоснабжения.

Эффективность выполнения тепловой сетью данных функций предлагается учитывать введением двух КПД, а именно КПД транспорта – $\eta_{\text{тр}}$, и КПД распределения – $\eta_{\text{расп}}$

$$\eta_{\text{ТС}} = \eta_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{расп}} \quad (5)$$

С учетом данных уточнений уравнение (4) для определения КПД СЦТ должно быть записано в следующем виде

$$\eta_{\text{сцт}} = \eta_{\text{ист}} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{расп}} \cdot \eta_{\text{зд}} \quad (6)$$

Как показывает опыт работы системы централизованного теплоснабжения транспортировка и распределение тепловой энергии по тепловым сетям представляет сложнейшую гидравлическую задачу. Трубопроводы, объединенные в единую сеть, имеют жесткую гидравлическую связь, при которой изменение давления в любой её части приводит к перераспределению давлений во всех остальных частях. Постоянно меняющийся гидравлический режим в трубопроводах не позволяет обеспечивать подвод теплоносителя к присоединенным зданиям в строго необходимом количестве.

Для обеспечения требуемого распределения сетевой воды между всеми присоединенными абонентами, теплоснабжающие организации проводят сложный комплекс наладочных работ, без проведения которых тепловая сеть вообще не могла бы нормально функционировать. Однако проведение таких работ, а также установка теплорегулирующего оборудования в ИТП, не позволяют добиться подвода теплоты к отопительным приборам здания в строго необходимом количестве.

Фактически подводимая теплота $Q_{\text{ф}}$ к зданию, фиксируемая в узле учета, как правило **не совпадает** с отопительной нагрузкой $Q_{\text{от}}$. Разность между данными величинами может быть как положительной, так и отрицательной. В первом случае здание переотапливается, поскольку получает больше теплоты на величину $\Delta Q_{\text{расп}}$, во втором недоотапливается, поскольку получает меньше теплоты на такую же величину

$$Q_{\text{ф}} - Q_{\text{от}} = \pm \Delta Q_{\text{расп}}$$

КПД, определяющий эффективность распределения подводимой от источника теплоты по отдельным абонентам $\eta_{\text{расп}}$, определяется как отношение отопительной нагрузки $Q_{\text{от}}$ к фактически подводимой к зданию теплоте $Q_{\text{ф}}$ с учетом его недоотапливания или переотапливания.

$$\eta_{\text{расп}} = \frac{Q_{\text{от}}}{Q_{\text{ф}}} = \frac{Q_{\text{от}}}{Q_{\text{от}} + |\pm \Delta Q_{\text{расп}}|}$$

Знаменатель представляет сумму отопительной нагрузки и абсолютного значения фактического отклонения от её величины.

Незначительное переотапливание положительно воспринимается населением, поскольку легко устраняется путем дополнительного проветривания помещений через открытые форточки. Повышенное теплопотребление при умеренных ценах на тепловую энергию не вызывает отрицательных реакций у населения, за исключением явных режимов переотапливания в осенне-весенний периоды.

Незначительное недоотапливание устраняется жителями многоквартирных домов путем оклейки и уплотнения паралоном оконных проемов, позволяющих снизить поступление наружного воздуха во внутренний объем помещений.

Можно было бы смириться с переотапливанием отдельного здания, но в таком режиме отопления находятся 70 – 80 % зданий, входящих в систему централизованного теплоснабжения, что и приводит к существующему перерасходу топлива в масштабе всей системы. Опыт эксплуатации систем централизованного теплоснабжения подтверждает тот факт, что разность фактически подводимой теплоты и отопительной нагрузки может достигать 20 – 30 %. Эта величина определяет скрытый резерв возможного сокращения потребления тепловой энергии в системах централизованного теплоснабжения.

Скрытность этого резерва объясняется тем фактом, что потери при распределении теплоты по абонентам, приводящие к переотапливанию многих зданий не относятся к зоне ответственности теплоснабжающих организаций. Тепловая энергия, прошедшая узел учёта, доставлена потребителю и должна быть оплачена в полном объеме, включая избыточно поступающее количество. Поэтому работа по повышению качества доставки теплоносителя с ограничением подачи теплоты до строго требуемых величин не представляет значительного интереса теплоснабжающим организациям.

Основная причина, усложняющая качество распределения теплоты по абонентам, заключается в том, что расход сетевой воды, циркулирующий в сети, рассчитывается из условия покрытия тепловых нагрузок при минимально-возможных расчетных значениях температур наружного воздуха, что соответствует её максимальному пропуску. Поэтому от источника, при температурах наружного воздуха ниже расчетных, отпускается тепловая энергия в избыточном количестве.

Применяемые системы погодного регулирования ограничивают поступление теплоносителя в отопительные приборы в зависимости от температуры наружного воздуха, практически без учета температуры внутреннего воздуха, поэтому не могут полностью устранить режимы переотапливания зданий.

Фактический отпуск тепловой энергии от источника с некоторым превышением требуемой суммарной отопительной нагрузки объясняется желанием теплоснабжающих организаций устранить возможное недоотапливание зданий, расположенных на «концах» тепловой сети.

Значение КПД, позволяющее оценивать столь сложную функцию тепловой сети, как распределение тепловой энергии между зданиями, присоединенных к единой трубопроводной системе, по нашему мнению, может находиться в пределах $\eta_{\text{расп}} = 70 \% \div 80 \%$. Уточнение данного КПД требует проведения дополнительных исследований.

КПД транспортных коммуникаций характеризует утечки тепловой энергии через тепловую изоляцию при транспортировке теплоносителя по тепловым сетям от источника до потребителя. Количество тепловой энергии, отпускаемой от источника $Q_{\text{ист}}$, с учетом таких потерь теплоты $\Delta Q_{\text{тр}}$, составит

$$Q_{\text{ист}} = Q_{\text{ф}} + \Delta Q_{\text{тр}}.$$

Таким образом, выражение для определения КПД транспортных коммуникаций можно записать в следующем виде:

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{Q_{\text{ф}}}{Q_{\text{ист}}}.$$

Нормативные потери теплоты при транспортировке теплоносителя по тепловым сетям составляют $\approx 7 \%$, фактические достигают $7 \div 15 \%$, поэтому значения данного КПД лежит в пределах $\eta_{\text{тр}} = 85 \% \div 93 \%$.

В качестве источника централизованного теплоснабжения коммунальных потребителей широко используются водогрейные котельные. КПД водогрейной котельной рассчитываемый по следующей формуле достигает 90% и выше.

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{Q_{\text{ист}}}{B_{\text{т}} Q_{\text{р}}^{\text{н}}}.$$

Расчет КПД СЦТ по уравнению (6) указывает на то, что данный КПД не может быть выше КПД любого его отдельного звена. Наиболее слабым звеном в системах централизованного теплоснабжения являются тепловые сети и отапливаемые здания. Так совокупный КПД тепловых сетей, рассчитанный по уравнению (5) может достигать 65 %, что указывает на потери достигающие 35 % и выше ($\eta_{\text{ТС}} = \eta_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{расп}} = 0,93 \cdot 0,7 = 0,65$). Отопительные котельные можно отнести к наиболее эффективному звену СЦТ.

Достаточно высокая точность оценки эффективности работы СЦТ основана на приборном определении таких величин, как расход потребляемого топлива, а также отпускаемой от источника и фактически поступающей в системы теплоснабжения зданий тепловой энергии ($Q_{\text{ист}}$ и $Q_{\text{ф}}$). В этом случае потери тепловой энергии в отдельных её звеньях могут быть рассчитаны следующим образом.

Потери в источнике теплоснабжения (котельной) составят:

$$\Delta Q_{\text{ист}} = B_{\text{т}} Q_{\text{р}}^{\text{н}} - Q_{\text{ист}}.$$

Совокупные потери в тепловых сетях:

$$\begin{aligned} \Delta Q_{\text{ТС}} &= \Delta Q_{\text{тр}} + \sum \Delta Q_{\text{расп}}. \\ \Delta Q_{\text{тр}} &= Q_{\text{ист}} - \sum Q_{\text{ф}}. \\ \sum \Delta Q_{\text{расп}} &= \sum Q_{\text{ф}} - \sum Q_{\text{от}}. \end{aligned}$$

Потери в отапливаемых зданиях:

$$\sum Q_{\text{зд}} = \sum Q_{\text{от}} - \sum Q_{\text{пол}}.$$

Нижеследующий пример показывает, как повышение эффективности источника (котельной) и отапливаемых зданий могут совершенно по-разному влиять на расход потребляемого топлива в системе СЦТ.

Допустим, в исходном состоянии КПД отдельных звеньев СЦТ имеют следующие значения: $\eta_{\text{ист}} = 0,85$; $\eta_{\text{тр}} = 0,9$; $\eta_{\text{расп}} = 0,7$; $\eta_{\text{зд}} = 0,4$. Общий КПД СЦТ составит

$$\eta_{\text{сцт}} = \eta_{\text{ист}} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{расп}} \cdot \eta_{\text{зд}} = 0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 0,4 = 0,21 (21\%).$$

Секундный расход топлива при полезной нагрузке отапливаемых зданий, например $\sum Q_{\text{пол}} = 1000$ кВт и теплотворной способности топлива $Q_{\text{р}}^{\text{н}} = 40\,000 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ составит:

$$B_{\text{т}} = \frac{1000}{40000 \cdot 0,21} = 0,1190 \text{ кг/с};$$

Повышение КПД котельной $\eta_{\text{ист}}$ с 0,85 до 0,9 приведет к повышению КПД СЦТ с 21% до 22,6 %, т.е. всего лишь на 1,6 %.

$$\eta_{\text{сцт1}} = \eta_{\text{ист}} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{расп}} \cdot \eta_{\text{зд}} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 0,4 = 0,226 (22,6 \%).$$

При этом секундный расход топлива, потребляемый в СЦТ для покрытия той же самой полезной нагрузки, снижается до величины 0,1106 кг/с, т.е. всего лишь на 7 %.

$$B_{\text{т1}} = \frac{1000}{40000 \cdot 0,226} = 0,1106 \text{ кг/с};$$

В тоже время, повышение КПД отапливаемых зданий $\eta_{\text{зд}}$ от 0,4 до 0,6 приводит к повышению КПД СЦТ до 32 %.

$$\eta_{\text{сцт2}} = \eta_{\text{ист}} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{расп}} \cdot \eta_{\text{зд}} = 0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 0,6 = 0,32 (32 \%).$$

При этом секундный расход топлива снижается с 0,1190 до 0,078 кг/с, что на 34 % ниже, чем в исходном варианте

$$B_{\text{т2}} = \frac{1000}{40000 \cdot 0,32} = 0,078 \text{ кг/с}.$$

Приведенные ориентировочные значения КПД отдельных звеньев СЦТ требуют уточнения, однако сам метод может быть полезен работникам теплоснабжающих организаций.

Выводы.

1. Выделение величины полезно используемой теплоты в системах отопления зданий позволил создать метод комплексной оценки эффективности всей системы централизованного теплоснабжения.
2. Наиболее слабым звеном в СЦТ, существенно снижающим её КПД, являются потребитель тепловой энергии и тепловые сети, выполняющие две функции: транспортную и распределительную.
3. Возникающие проблемы при распределении теплоты между абонентами, приводят к переотапливанию ряда зданий, располагаемых как правило ближе к источнику теплоснабжения. Дополнительно подводимая к отдельному зданию теплота невелика, однако суммарное количество такой теплоты, подаваемой во все переотапливаемые здания может достигать 20 – 30 % от нагрузки котельной, что и объясняет повышенное потребление топлива в системах централизованного теплоснабжения.

1. Гершкович В. Ф. Сто пятьдесят..... Норма или перебор? // Новости теплоснабжения № 5. М., 2005. С. 42-47.
2. Гладышев Н. Н. Ресурсосберегающие технологии в системах централизованного теплоснабжения ЖКХ: монография // ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2020.

Драченко В.Н.¹, Михнюк А.Н.², Каххоров З.Б.²

Оценка скорости звука и взаимной ориентации кольцевых антенных решеток в процессе функционирования

¹Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук

²Российский университет дружбы народов
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-11-2021-56

Аннотация

Описан метод оценки скорости звука на апертуре антенн и взаимной ориентации кольцевых антенных решеток в натуральных морских условиях по сигналам внешнего источника. Метод основан на специфических особенностях кольцевых решеток. Приведены обоснование метода и результаты, демонстрирующие работоспособность данного метода, полученные при численном моделировании.

Ключевые слова: скорость звука, сложный широкополосный сигнал, согласованная фильтрация, оценка времен прихода.

Abstract

A method is described for estimating the speed of sound on the aperture of antennas and the mutual orientation of ring antenna arrays in marine conditions. This method is based on the specific features of ring arrays. A mathematical description of the method and the results demonstrating the performance of this method, obtained by numerical simulation, are given.

Keywords: sound velocity, complex broadband signal, matched filtering, arrival time estimate.

Одним из перспективных путей построения зональных систем освещения подводной обстановки (СОПО) является создание распределенных комплексов, состоящих из множества расположенных в толще волновода относительно недорогих станций, перекрывающих своими зонами обзора значительные площади. По очевидным причинам приемные антенные решетки отдельных станций подобных комплексов удобно реализовать в виде кольцевых антенных решеток (КАР), состоящих из приемных элементов