

УДК 656.61

BRIDGE TEAM MANAGEMENT SYSTEM RELIABILITY**НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КОМАНДЫ
МОСТИКА****V.A. Bobyr, PhD, associate professor, V.I. Katerusha, assistant****В.А.Бобыр, к.т.н, доцент, В.И.Катеруша, ассистент***Odessa National Maritime Academy, Ukraine**Одесская Национальная Морская Академия, Украина***ABSTRACT**

A possibility to apply instruments of the complex technical system functioning reliability theory in bridge team management in order to improve navigational safety is substantiated in the article. The corner stone of this improvement is application of such entropy characteristics as additivity, turning into zero when one of the ergative function states is valid and others are impossible, diminishing when the ergative function states quantity are diminished and reaching its maximum when the states are equiprobable. Practical examples of reliability control over human factor estimations are outlined and applicable recommendations how to use these estimations are given. An outlook for further investigations in this direction has been set up.

Key words: management system, bridge team, human factor, reliability, confidence probability, failure-free operation, essential functions and probabilistic operating regime.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами

За последние десятилетия влияние «человеческого фактора» на аварийность морского флота стало определяющим. Известно, например, что причинами 90% навигационных аварий являются ошибки судоводителей. При этом свыше 45% аварий на судах связаны с эргатической системой судовождения.

Для контроля над «человеческим фактором» были разработаны системы менеджмента - Международный кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения (ISMCode), Международный кодекс по охране судов и портовых сооружений (ISPSCode), Система менеджмента качества (ISO 9001:2008), Система экологического менеджмента (ISO 14001:2004), Система менеджмента профессионального здоровья и безопасности (OHSAS 18001:2007), и др. Однако количество аварий не сокращается из-за того, что системы менеджмента контролируют «человеческий фактор» с помощью мер, направленных на усредненного оператора. Поэтому только с помощью систем менеджмента обеспечить требуемый уровень предотвращения проявления «человеческого фактора» не представилось возможным.

С другой стороны, количество судов и транспортных услуг, оказываемых ими, постоянно растет. Совершенствуется и техническая оснащенность судов. Все это привело к расширению и усложнению круга профессиональных задач, решаемых судовым оператором. При этом минимальный состав судовых экипажей сокращается. Поэтому в настоящее время на морском флоте появилась необходимость контроля над «человеческим фактором» в лице отдельного оператора с точки зрения уменьшения его энтропии и повышения его надежности в судовой эргатической системе «оператор-судно-окружающая среда».

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы, и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

Анализ публикаций на тему эргатических систем показывает, что на смежных видах транспорта, например, в авиации [1] и на железнодорожном транспорте [2], а также в промышленности [3] проблема энтропии и надежности оператора является чрезвычайно актуальной. На морском транспорте уже появились работы, посвященные эргатическим системам, например, проблеме эргатической системы швартовки судов [4]. Однако вопросу оценки и путей снижения энтропии судовой эргатической системы судовождение и входящих в нее эргатических функций на судах в целом уделено недостаточно внимания [5]. Особенно это касается состояний судовой эргатической системы и свойств энтропии.

Формулирование целей статьи и постановка задачи

Цель статьи – обосновать возможность уменьшения или сохранения энтропии судовой эргатической системы судовождение на основе использования систем менеджмента эргатической функции и свойств энтропии.

Задача статьи – определить методы оценки энтропии состояния структурных элементов судовых систем менеджмента и их эргатических функций.

Изложение материала исследования с обоснованием полученных научных результатов

Под энтропией принято понимать меру неопределенности (дезорганизации) системы – количество высвобожденной вне системы механической, химической, электрической и других видов энергии. В обобщенном смысле производимая энтропия – это мера излишней работы оператора и машины; убыток, простой или отсутствие полезной добавленной стоимости; загрязнение окружающей среды; профессиональные заболевания; дезорганизация в охране судов и портовых сооружений; предоставление информации при обучении членов экипажа, которая не может быть использована на практике; при отдаче приказов и распоряжений -противоречивые сообщения, сленг, суесловие и т.п.

Судовая эргатическая система судовождение состоит из эргатических систем мостика, палубы, обработки и размещения грузов. Они, в свою очередь, состоят из эргатических функций.

Известно, что энтропия в целом обладает следующими свойствами [6], она:

1. Равна сумме энтропий состояний эргатических функций, составляющих эргатическую систему (аддитивность).
2. Обращается в нуль, когда одно из состояний эргатической функции достоверно, а другие – невозможны.
3. Уменьшается при уменьшении числа состояний эргатических функций.
4. Достигает максимума при заданном числе состояний эргатических функций, когда эти состояния равновероятны.

Первое свойство энтропии можно использовать для ее уменьшения в эргатической функции следующим образом.

Первым признаком увеличения энтропии в эргатической функции является опасное происшествие, через которое во внешнюю среду выделяется незначительное количество энергии. К опасным происшествиям принято относить такие нарушения в действиях судовых операторов, которые на данный момент не привели к существенному для данного судна убытку, повреждению, поломке, остановке процесса, травме и т.д., но которые при других обстоятельствах могли бы привести к аварии. Например: обнаруженная ошибка в определении места судна, которая не привела к тяжелым последствиям; ликвидированный небольшой очаг пожара, который не привел к материальным потерям или человеческим жертвам; обнаруженная поломка или дефект судового оборудования, которые не привели к простоя судна; выявленные дефекты во время ревизии судовых механизмов, которые не привели к материальным потерям и т.д.

Опасное происшествие - это проявление «человеческого фактора» выражающееся в незначительном увеличении энтропии в производственной деятельности людей. Поэтому борьба с повышением энтропии в этом случае заключается в предупреждении опасных происшествий на основе определения и устранения их причин. Схематично последовательность действий при этом показана на рис. 1 ниже [7].



Рис. 1. Последовательность действий для снижения энтропии из-за опасных происшествий

Между непосредственными и базовыми (системными) причинами имеется диалектическая взаимосвязь, которую можно охарактеризовать, как соотношение формы и содержания и как явление и сущность. Непосредственные и базовые причины не существуют изолированно, безотносительно к их взаимодействию в эргатической функции.

В базовых причинах отражены элементы и процессы, которые присущи данной эргатической функции и которые проявляются в форме непосредственных причин. Но стороны этого взаимодействия не являются равноправными. В

единстве непосредственных и базовых причин определяющими являются базовые причины. Именно базовые причины являются сущностью эргатической функции и выражают в ней то главное, что обусловлено внутренними закономерностями ее развития, которые познаются на уровне теоретического осмысления. А непосредственные причины отображают внешние особенности эргатической функции, которые познаются путем непосредственного наблюдения. Непосредственные причины являются внешним раскрытием базовых причин, формой их проявления.

Непосредственные причины делятся на небезопасные действия персонала и небезопасные производственные условия.

Небезопасные действия персонала относятся к субъективной стороне эргатической функции - деятельности оператора, от которой они находятся в прямой зависимости, и поэтому стоят на первом месте среди непосредственных причин. А небезопасные производственные условия относятся к судну и окружающей среде и не зависят от оператора.

Непосредственных причин опасного происшествия, аварийного случая и т.п. может быть несколько как из-за небезопасных действий, так и из-за небезопасных производственных условий.

Обычно каждая компания составляет свой перечень небезопасных действий и небезопасных производственных условий, которые характерны для ее деятельности, а также для типов управляемых ею судов и характеристик перевозимых ее судами грузов.

Базовые причины делятся на персональные и производственные. Персональные причины характеризуют состояние оператора, а производственные – состояние системы, в которой он работает.

Базовые причины в меньшей степени зависят от типов судов и характеристик перевозимых грузов, поскольку они относятся к структурным элементам функции менеджмента, которые у всех систем менеджмента одни и те же. Базовых причин опасного происшествия, аварийного случая и т.п. также может быть несколько как из-за производственных, так и из-за персональных факторов.

Снижать энтропию эргатической функции путем определения и устранения причин опасных происшествий необходимо по результатам действий каждого оператора, реализующего эту функцию.

Чтобы использовать второе свойство энтропии для ее уменьшения в эргатической функции - обращаться в нуль, когда одно из состояний функции достоверно, а другие – невозможны, необходимо деятельность судового оператора направить на создание единственного состояния эргатической функции и на исключение других.

Состояние эргатической функции достоверно только тогда, когда порядок высвобождения энергии в ней, описанный в организационной структуре, обязанностях и правилах системы менеджмента, соответствует действительной картине, а действия операторов при реализации эргатической функций адекватны этому описанию. Кроме того, фактические характеристики объектов долж-

ны соответствовать их значениям, определенным в системе менеджмента. То есть, необходимо сохранить их энтропию. Это требует целенаправленных усилий, что обеспечивается системой менеджмента.

Фактические характеристики элементов судовой эргатической функции отличаются от их значений, идеализированных в описаниях структурных элементов ее системы менеджмента, потому что в каждый последующий момент времени характеристики судна и его технических систем и оборудования, а также рабочей среды отличаются от характеристик предыдущего момента времени. Кроме того, постоянно изменяется динамический стереотип поведения в деятельности оператора судовых эргатических систем. По этой причине число возможных состояний эргатической функции с разной степенью вероятности их реализации всегда растет. Рост числа этих состояний способствуют постоянному росту энтропии. Поэтому нужно идентифицировать качественно и количественно как состояния элементов эргатических функций, так и самих функций.

На судах с помощью упомянутых выше систем менеджмента уже начата работа по качественной идентификации эргатических функций, состояние которых необходимо контролировать или, другими словами, приводить их в мореходное состояние. Это ключевые судовые операции, критическое оборудование и технические системы, критическое резервное оборудование, измерительные приборы и аппаратура, потенциальные несоответствия, действия по задержанию и защите, экологические аспекты и т.п. Количественная идентификация этих функций с точки зрения степени риска увеличения их энтропии производится с помощью систем менеджмента рисками.

Например, на практике состояния элемента судно в целом и его системы, устройства и оборудование каждый раз с помощью эргатических функций подготовки к выходу в море приводятся в мореходное состояние, соответствующее значениям, определенным в системе менеджмента. Судовые операторы проверяют и обеспечивают соответствие законодательным и регламентирующим требованиям характеристик организационной структуры, обязанностей, правил, ресурсов, действий членов экипажа и отчетных документов, относящихся к этим элементам. Это дает возможность частично реализовать второе свойство энтропии для ее уменьшения в эргатической функции. Однако методика определения количественных характеристик энтропии состояний элементов эргатических функций в зависимости от различных факторов отсутствует, что не позволяет целенаправленно и в полной мере принимать меры по уменьшению энтропии как состояний элементов эргатических функций, так и самих функций.

Третье свойство энтропии – ее уменьшение при уменьшении числа состояний элементов эргатической функции в настоящее время используется следующим образом.

Например, для уменьшения и поддержания энтропии элементов береговые устройства и системы судовые операторы определяют и изучают характеристики этих элементов еще перед выходом судна в рейс. В течение рейса информация об изменениях этих характеристик постоянно пополняется и корректируется из различных источников - извещений мореплавателям, НАВАРЕА, ПРИП,

данных судовых агентов и т.п. Многие компании применяют процедуру «безопасный / небезопасный порт». Для этого при планировании рейса или выполнении капитаном исследования порт оценивается как безопасный или небезопасный. Результаты этой оценки капитан направляет в компанию до подхода к порту. Если порт считается небезопасным, то судно не будет заходить в него до устранения базовых причин опасности.

С помощью третьего свойства энтропии ее уменьшение достигается также на основе одного из принципов систем менеджмента - поэтапного совершенствования структурных элементов системы менеджмента, который заключается в периодическом определении судовыми операторами фактических характеристик объектов судовой эргатической функции и приведении их в соответствие с требованиями системы менеджмента. Этим обеспечивается уменьшение количества состояний эргатической функции, а следовательно, и ее энтропии. На практике это делается путем ежемесячного пересмотра системы менеджмента судовым комитетом по безопасности (ShipSafetyCommittee).

Однако для использования в полной мере третьего свойства энтропии для ее уменьшения необходимо идентифицировать те элементы эргатической функции, состояния которых могут измениться в течение рейса, и контролировать их количественные оценки.

Четвертое свойство энтропии на практике также частично используется. В этом случае, чтобы уменьшить энтропию судовой эргатической функции, необходимо уменьшить вероятности состояний объектов эргатической функции. Четвертое свойство энтропии используется для изменения вероятностей состояний элементов эргатической функции, например, при взаимодействии судового оператора с другими судами и природной средой. Это определение элементов движения встречных судов, получение прогнозов погоды и навигационных предупреждений и т.п. Как видим, в основе контроля энтропии судовых эргатических функций лежат количественные оценки энтропии состояний их элементов.

Под состоянием судовой эргатической функции понимаются количественные характеристики энтропии структурных элементов ее системы менеджмента:

- 1) организационной структуры;
- 2) обязанностей членов экипажа;
- 3) правил реализации судовых эргатических функций;
- 4) ресурсов, состоящих из: членов экипажа, судна и его технических систем и оборудования, а также рабочей среды, включающей природную среду и социум;
- 5) действий операторов, отвечающих требованиям системы менеджмента;
- 6) отчетных документов, позволяющих осуществлять обратную связь.

Энтропия каждого структурного элемента системы менеджмента эргатической функции определяется на основе положений теории вероятностей [6].

1) Энтропия организационной структуры зависит от количества членов экипажа и вероятностных режимов их работы – независимого, зависимого, совместного или режима резервирования.

Если организационная структура судовой эргатической функции состоит из нескольких членов экипажа, работающих в независимом режиме, то оценка ее энтропии определяется по формуле:

$$H_{os} = \sum_{i=1}^n P_i \log P_i, \quad (1)$$

где P_i – доверительная вероятность i -го члена экипажа, $i = 1, 2, \dots, n$ – число членов экипажа.

Доверительную вероятность организационной структуры можно определить до начала реализации судовой эргатической функции по формуле:

$$P_{os} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot P_{ci}, \quad (2)$$

где P_{ci} – условная вероятность i -го члена экипажа.

Среди возможностей выбора вероятностных режимов работы экипажа один из вариантов – резервирование одного элемента. Это значит, что два члена экипажа будут выполнять одну и ту же операцию независимо друг от друга. Например, место судна определяется с помощью основного способом одним членом экипажа, а с помощью резервного – другим. Вероятность безотказной работы экипажа в этом случае определяется по формуле:

$$P_{os} = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - P_j), \quad (3)$$

где $m = 1, 2, \dots, j$ – число членов экипажа, работающих в режиме резервирования; P_j – вероятность безотказной работы j -го члена экипажа.

На практике иногда возникает необходимость, чтобы члены экипажа выполняли одну функцию вдвоем, то есть, работали в режиме совместных событий. Вероятность безотказной работы экипажа в этом случае определяется по формуле:

$$P_{os} = P_1 + P_2 - P_{1,2}, \quad (4)$$

где P_1 и P_2 – доверительные вероятности первого и второго членов команды мостика; $P_{1,2}$ – вероятность совместного появления события безотказной работы обоих членов экипажа.

Например, при определении параметров движения судов по отношению к капитану они работают в вероятностном режиме резервирования. Вероятность безотказной работы капитана и совместной работы двух членов экипажа при определении параметров движения судов определяется по формуле (3) для ве-

роятностного режима резервирования. В этом случае вероятность безотказной работы экипажа в целом определяется по формуле для вероятностного режима независимых событий – работа капитана и совместная работа членов экипажа:

$$P_{os} = \prod_{i=1}^n P_i. \quad (5)$$

Таким образом, оценка энтропии организационной структуры определяется по формулам (1)-(5), в зависимости от количества членов экипажа, реализующих данную эргатическую функцию, вероятности безотказной работы каждого члена экипажа и от вероятностного режима их работы.

2) Для определения оценки энтропии структурного элемента обязанности членов экипажа эргатической функции H_r примем, что количество обязанностей по выполнению действий распределено с равномерной плотностью на участке от 0 до α и с «участком нечувствительности» - точностью измерений, в пределах которой состояния функции неразличимы, равной одной обязанности. Тогда:

$$H_r = \log \alpha. \quad (6)$$

3) Для определения оценки энтропии структурного элемента правила эргатической функции H_p примем, что количество законодательных и регламентирующих требований распределено с равномерной плотностью на участке от 0 до β и с «участком нечувствительности» - точностью измерений, в пределах которой состояния функции неразличимы, равной одному требованию. Тогда энтропия правил равна:

$$H_p = \log \beta. \quad (7)$$

4) Энтропия состояния ресурсов:

а) для членов экипажа (crew) – зависит от реализации эргатической функции с целью обеспечения требований эксплуатационного или финансового показателя действия экономического закона (равномерная плотность распределения значений эксплуатационного или финансового показателя на участке от 0 до Q). «Участок нечувствительности» определяется на основе [8-10]:

$$\Delta_c = [\varphi'(q)] \cdot [1,208c + 0,01K \cdot (\alpha_{\max} - \alpha_{\min})], \quad (8)$$

где $\varphi'(q)$ – производная эргатической функции по показателю действия закона природы q ; K – класс точности измерительного прибора; α_{\max} , α_{\min} – значения верхнего и нижнего пределов рабочей части шкалы измерительного прибора; c – цена деления шкалы измерительного прибора.

Тогда энтропия членов экипажа определяется по формуле:

$$H_c = \log \left(\frac{Q}{[\varphi'(q)] \cdot [1,208c + 0,01K(\alpha_{\max} - \alpha_{\min})]} \right). \quad (9)$$

б) для технических систем и оборудования судна (technical systems) – зависит от времени их работы до отказа (нормальный закон распределения с математическим ожиданием t_{ts} и средним квадратическим отклонением σ_{ts} времени работы до отказа).

«Участок нечувствительности» времени работы до отказа Δ_{ts} определяется на основе заданной доверительной вероятности безотказной работы P_{ts} технических систем и оборудования судна и $T(0)$ – времени работы до отказа согласно паспортных характеристик:

$$\Delta_{ts} = (1 - P_{ts}) \cdot T(0). \quad (10)$$

Энтропия технических систем и оборудования судна равна:

$$H_{ts} = \log \frac{\sigma_{ts} \sqrt{2\pi e}}{(1 - P_{ts}) \cdot T(0)} \quad (11)$$

где $\pi = 3,1416$ и $e = 2,7182$.

в) для рабочей среды:

- природной – зависит от состояния приведенных погодных условий на переходе (нормальный закон распределения с математическим ожиданием W и средним квадратическим отклонением σ_w показателя приведенных погодных условий). «Участок нечувствительности» к погодным условиям на переходе может определяться как благоприятные погодные условия для плавания судна по шкале Бофорта в баллах w . Тогда энтропия природной среды равна:

$$H_w = \log \frac{\sigma_w \sqrt{2\pi e}}{w}. \quad (12)$$

- социума – от количества отказов в действиях членов экипажа, связанных с воздействием социума (показательное распределение с интенсивностью отказов $\lambda = v/t$ и с «участком нечувствительности» - точностью измерений, в пределах которой состояния функции неразличимы, равной одному отказу. Энтропия социума определяется по формуле:

$$H_s = \log \frac{et}{v}, \quad (13)$$

где t - время предполагаемой работы, например, время несения вахты; v - количество «отказов» - ошибочных действий (бездействий).

5) Энтропия действий экипажа (crew action) зависит от времени работы до отказа (нормальный закон распределения с математическим ожиданием t_{ca} и средним квадратическим отклонением σ_{ca} времени работы до отказа). «Участок нечувствительности» времени работы до отказа Δ_{ca} определяется на основе заданной доверительной вероятности безотказной работы – P_{ca} и $N(0)$ - числа действий в начальный момент времени, которые член экипажа должен выполнить в соответствии с законодательными и регламентирующими требованиями системы менеджмента за период времени работы:

$$\Delta_{ca} = (1 - P_{ca}) \cdot N(0). \quad (14)$$

Энтропия действий экипажа равна:

$$H_{ca} = \log \frac{\sigma_{ca} \sqrt{2\pi e}}{(1 - P_{ca}) \cdot N(0)}. \quad (15)$$

б) Энтропия отчетных документов H_d зависит от их количества с равномерной плотностью распределения на участке от 0 до δ и с «участком нечувствительности» - точностью измерений, в пределах которой состояния функции неразличимы, равной одному документу. Она равна:

$$H_d = \log \delta. \quad (16)$$

Итак, на основе [6] с учетом формул (1-5), (6), (7), (9), (11), (12), (13), (15) и (16) оценка полной энтропии эргатической функции равна сумме оценок энтропий состояний структурных элементов системы менеджмента, цели которой реализует эта функция:

$$H_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_i \log P_i + \log \left(\alpha, \beta, \delta, \frac{et}{v}, \frac{Q}{[\varphi'(q)] \cdot [1,208c + 0,01K(\alpha_{\max} - \alpha_{\min})]} \right) + \\ + \log \left\{ \frac{\sigma_{ts} \sqrt{2\pi e}}{(1 - P_{ts}) \cdot T(0)} \cdot \frac{\sigma_{ca} \sqrt{2\pi e}}{(1 - P_{ca}) \cdot N(0)} \cdot \frac{\sigma_w \sqrt{2\pi e}}{w} \right\} \quad (17)$$

Таким образом, нами определены методы оценки энтропии судовой эргатической функции. В основе этой методики лежат оценки энтропии структурных элементов ее системы менеджмента, полученные по данным количества законодательных и регламентирующих требований и обязанностей и т.д., а также вероятностные характеристики конкретного оператора - доверительная вероятность, количество его отказов, время работы до отказа и т.п.

Выводы и перспектива работы по данному направлению

Из изложенного следует, что использование аппарата теории вероятностей и внедрение на судах морского флота систем менеджмента позволяет определять пути уменьшения энтропии эргатических функций и тем самым надежно предупреждать проявление «человеческого фактора», оценивать энтропию при реализации судовых эргатических функций и нормировать энтропию эргатических функций.

Однако, для внедрения в практику методов контроля и уменьшения энтропии оператора судовых эргатических функций необходимо научное обоснование и разработка практических методов:

- 1) определения вероятностных характеристик работы конкретного оператора, таких как количество отказов, время работы до отказа, доверительная вероятность, и т.д.;
- 2) определения вероятностных режимов работы судовых операторов;
- 3) идентификации количественных характеристик систем менеджмента - законодательных и регламентирующих требований, обязанностей судовых операторов и отчетных документов.

В дальнейшем, чтобы создать основу для предотвращения проявления «человеческого фактора» при реализации судовых эргатических функций, необходимо также разработать алгоритм и судовую компьютерную программу для регистрации статистических данных по оценке их энтропии этих функций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кодола В.Г. Система средств подготовки летного состава XXI века // Кодола В.Г. / Вестник МНАПЧАК №2, 2003. - С. 59-65.
2. Брусенцов В.Г. Надежность железнодорожных операторов как фактор безопасности движения // Брусенцов В.Г., Ворожбян М.И., Брусенцов О.В., Бугайченко И.И., Гончаров А.В. / «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті», №2. - Харьков, 2009. - 68-71 с.
3. Мордашов В.И. Исследование целевой функции с ограничениями ее аргументов, как критерия оптимизация структур автоматизированных информационно – эргатических систем / В.И.Мордашов, В.В.Севриков, А.И.Севриков // Вісник СевНТУ. Вип.108: Автоматизація процесів та управління: зб.наук. праць. – Севастополь: видавництво СевНТУ, 2010. – 23-28 с.
4. Н.В. Карбовец. Прогнозирование вероятности возникновения критической ситуации в эргатической системе на примере швартуемого судна / Н.В. Карбовец // Сборник научных трудов НГМА. Выпуск 9. - Новороссийск. РИО НГМА, 2004. - С. 71 – 77.
5. Дмитриев В.И. Обеспечение безопасности плавания: Учеб.пособие для вузов водного транспорта // Дмитриев В.И.- М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. - 290 с.
6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. / Вентцель Е.С. – М.: Наука – Главная редакция физико-математической литературы, 1969. – 564 с.
7. M-SCAT[®]: Marine Systematic Cause Analysis Technique. – Høvik, Norway: DNV Graphic Communications, 2002. – 16 p.
8. Бобыр В.А. Повышение точности измерений навигационных параметров // Судовождение: сб. научн. трудов / ОНМА. – Вып. 20 . – Одесса: ИздатИнформ, 2011. – 16-22 с.
9. Дикий Н.А., Халатов А.А. Основы научных исследований: теплоэнергетика. – К.: Вища школа, 1985. – 223 с.
10. Румшицкий Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. – М.: Недра, 1971. – 192 с.