

УДК: 159.9; 303.7

DOI: 10.25629/НС.2022.09.08

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЭНТРОПИЯ В РАСЧЁТАХ ДИНАМИКИ МАЛЫХ ГРУПП, В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗИРОВАННОГО ОБЩЕСТВА

Жебит В.А.¹, Жебит Е.В.²

¹Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук

²ООО «Патентные поверенные Квашнин, Сапельников и партнёры»

Аннотация. Цель исследования заключалась в оценке возможности использования «энтропийного» подхода в расчётах динамики малых групп, с учётом условий цифровизированного общества. Использован анализ категорий порядка/беспорядка для обоснования энтропийного подхода в расчётах социальной динамики. Обосновано использование тринарной логики и «квантового» подхода в расчётных алгоритмах. Обосновано использование энтропии по К. Шеннону как в качестве расчётного параметра и инструмента анализа, так и методической основы для математического моделирования. На примере малой группы, представлен метод с использованием информационной энтропии как параметра, позволяющего вычислять изменение социально-психологических характеристик в процессе развития коллектива, в условиях цифровизированного общества. Представленный подход рассматривается как путь к новой методологии энтропийного (энергетического) анализа на проблемном поле социальной психологии, учитывающего условия цифровизированного общества с высоким содержанием сильно связанных информационных систем. Предлагаемые решения позволяют решать задачи оптимизации формирования коллективов, с учётом динамических особенностей современного социума.

Ключевые слова: энтропия, коммуникация, информационно-коммуникационный, динамика малых групп.

1. Категории порядка и беспорядка в социально-психологическом анализе

Классическая наука в своём развитии традиционно базировалась на дедукции как основном алгоритме анализа, позволяющем решать любые задачи, в которых были допустимы линейные решения. Данный алгоритм строился на бинарной логике оценки процессов и явлений, сильно упрощавшей не только анализ, но и мировоззренческую позицию аналитика. Бинарная логика, содержащая лишь две взаимоисключающие позиции – «истинно/ложно», «0/1», «+/-», обеспечивала не только быстроту принимаемых решений, но и сформировала тип упрощённого (или линейного) социального мышления.

При использовании бинарной логики любой выбранный вариант автоматически исключает второй, рассматривая его в качестве оппозиционного. Эта логика особенно актуальна для принятия решений в критических ситуациях, не допускающих затрат времени на анализ ситуации. Поиск решения на основе простой альтернативы даёт результат, который в современном мире, несмотря на определённые удобства, можно считать весьма идеализированным, благодаря тому, что позволяет основываться на доказательствах «от противного». Рассмотрение третьей позиции делает бинарный алгоритм непригодным, поскольку требует не только больших усилий и нового аналитического инструментария, но и нового мышления.

Тринарная логика, ставшая базовой с развитием квантовой механики и появлением такого нового направления как кибернетика, целиком связана с приходом новой научной парадигмы, подготовившей основы для дальнейшего развития науки в сферах микро- и макромира, не исключая социальных дисциплин [6].

Новый алгоритм анализа «истинно/ложно/возможно» позволил уйти от многих парадоксов, создававших барьеры в вопросах, считавшихся спорными или неразрешимыми. Тринарная логика, ставшая базовой в области квантовой физики, способствовала появлению таких понятий как квантовая неопределённость, квантовый детерминизм, квантовый подход [6; 7; 8].

Использование термина «квантовый подход» в науках об обществе, не имеющих отношения к квантовому миру, как правило, связывают с социальными процессами, требующими неклассических решений [7].

К таким решениям можно отнести использование понятия «энтропия» в качестве аналитического инструмента, примененного не только в термодинамике, но и в теории информации, благодаря развитию концепции К. Шеннона [10; 11].

В работах авторов настоящей статьи развивается методология, связанная с применимостью энтропийного подхода в анализе социальных и социально-психологических процессов, чему способствует его научная позиция, основанная на необходимости учёта энергетической природы любых процессов материального мира [4; 5].

В качестве ключевых понятий этой методологии рассматриваются следующие.

Порядок – движение или позиция двух и более объектов, соответствующие общепринятым представлениям о закономерности. В системном представлении, порядок – детерминированное состояние с устойчивыми значениями параметров. (*Определение автора*).

Беспорядок – движение или позиция двух или более объектов, не соответствующие общепринятым представлениям о закономерностях. В системном представлении, беспорядок – недетерминированное состояние с неустойчивыми значениями параметров. (*Определение автора*).

Граница между порядком и беспорядком достаточно условна, т.к. может быть определена в зависимости от принятых исходных условий. Более того, беспорядок всегда может быть представлен в качестве одной из форм порядка, или рассмотрен с позиции иного определения порядка.

В условиях столкновения мнений по поводу пересмотра Второго закона термодинамики, энергетический или энтропийный подходы в аналитических построениях становятся достаточно востребованными, что неизбежно приведёт к переоценке процессов не только в естественнонаучной, но и в социальной сферах [12; 13; 14; 15].

Особую остроту эта проблема приобретает в свете новых представлений, связанных с гипотезой о влиянии человеческого сознания на результат развития процессов материального мира [3].

В связи с этим существуют разночтения в трактовке нарастания/убывания энтропии относительно порядка/беспорядка состояния систем. Несмотря на то, что в классической термодинамике рост энтропии рассматривается как следствие роста дезорганизации структур, существуют альтернативные мнения, связывающие нарастание энтропии с переходом от хаоса к устойчивости. Требуют внимания также мнения об изменении определения «закрытых систем», в связи с концепцией о человеческом сознании, чьё влияние на стохастические процессы способствует их упорядочению [1; 2; 9].

Применительно к задачам, решаемым социальной психологией, в частности связанным с динамикой развития социальных групп, может соответствовать методология информационно-коммуникативных взаимодействий, развиваемая автором данной статьи на основе информационной энтропии по К. Шеннону.

Согласно методу, предлагаемому автором, в расчётах динамики социальных групп предлагается использовать вспомогательные функции, отражающие порядок и беспорядок системных состояний:

- КРР (F_1) – функция коммуникативной регуляторной регламентации, отражающая уровень упорядоченности и организованности (рисунок 1);

• ККР (F_2) – функция коммуникативной контррегламентации, отражающая неупорядоченность и уровень деятельностной свободы (рисунок 2);

Обе функции (1), (2) включают в себя текущее и предельное значение информационной энтропии в контексте динамики информационно-коммуникативных взаимодействий [5].

$$F_1 (\text{КРР}) = H/(H_{\max} - H) \quad (1)$$

$$F_2 (\text{ККР}) = H_{\max} - H/H_{\max} \quad (2)$$

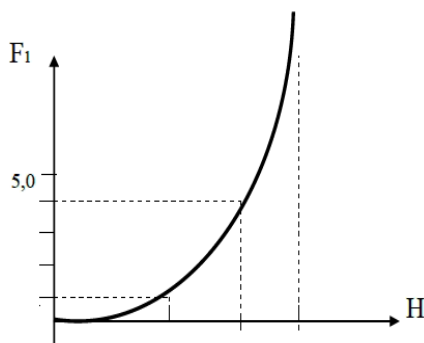


Рисунок 1 – Характеристика F_1 (КРР)

Функция F_1 (КРР) отражает гиперболическую зависимость между увеличением энтропии и нарастанием упорядочения социальной системы.

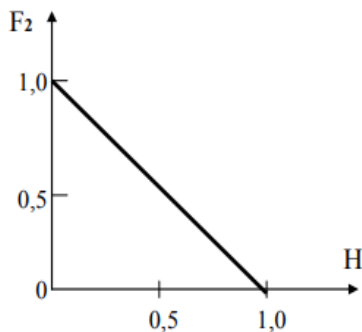


Рисунок 2 – Характеристика F_2 (ККР)

Функция F_2 (ККР) отражает убывание энтропии, по мере роста степеней свободы, имеющего линейный характер.

F_1 (КРР) отражает уровень способности противостояния регуляторному воздействию, регламентации и разрушающему влиянию. При низких значениях КРР отражает креативность и созидание, рост значений указывает на нарастание регламентации, уменьшение степеней свободы, что постепенно приобретает разрушительный характер.

F_2 (ККР) отражает возможности социальной системы приспосабливаться к внешним условиям, настраиваться на новые цели, противостоять разрушающим воздействиям. В контексте социальной динамики, ККР отражает способность к самотрансформации и изменению собственных состояний, а также способность к ориентации на множество целей.

Оптимальное сочетание значений H , F_1 , F_2 соответствует оптимуму состояния социальной системы, когда она сохраняет эффективную управляемость и способность к творчеству.

В исследованиях особенностей динамики социальных систем следует предположить, что все выше представленные понятия и определения имеют отношение к энтропии систем и могут быть рассмотрены в аспекте социальной психологии, в частности, при исследованиях динамики социальных групп.

Социальная группа являет собой систему, изменяющую свои параметры состояния под влиянием внутренних и внешних факторов. Внутренние факторы ассоциируются с межличностными отношениями и взаимодействиями, а также с реакцией группы на внешние факторы. Все внутренние факторы являются коммуникационными и могут быть категоризованы как внутригрупповая коммуникация. Внешние факторы ассоциируются с различными формами периферийных и групповых воздействий, так же являются коммуникационными и могут быть категоризованы как межгрупповая коммуникация [4].

При моделировании социальных групп, с целью изучения динамических особенностей, используя энтропийный подход, предлагается коммуникативную регуляторную регламентацию (КРР) выражать как параметр *внешней (межгрупповой) коммуникативности*, а коммуникативную контррегламентацию (ККР) выражать как параметр *внутренней (внутригрупповой) коммуникативности*

Таким образом, энтропийный подход в моделировании социальных групп может сводиться к построению информационно-коммуникационных моделей, которые могут служить инструментом, позволяющим определять социальные и психологические характеристики исследуемых объектов, представляя их как различные типы и уровни коммуникативного взаимодействия.

2. Расчёты динамики малой группы на основе информационной энтропии по К. Шеннону

Одной из особенностей современного цифровизированного общества в его коммуникационном аспекте является тенденция к снижению эмоциональной компоненты. Тенденция проявляла себя по мере расширения использования коммуникационных устройств, выполняющих функцию электронных посредников, принимающих на себя часть энергии эмоций, обычно возрастающей в процессе общения. Усиление этого фактора требует новых подходов в анализе процессов, связанных с межличностным и внутригрупповым общением коллективов, связанных как целями, нормами и этикой, так и различными технологическими средствами. В результате системные характеристики социальных групп могут выглядеть более детерминированными и существенно упрощать оценку за счёт использования более технологизированных алгоритмов.

Предлагаемый подход построен на методах, основанных на разработанной автором методологии расчётов энтропии социальных систем, применимых для анализа больших и малых групп.

Под *энтропией* социальной группы понимается постоянно изменяющийся уровень упорядоченности/неупорядоченности её состояния, зависящий от внутренних и внешних факторов влияния. Учёт этих факторов позволяет рассчитывать характеристики, отражающие динамические свойства социальной группы.

Как внутренние, так и внешние факторы влияния на состояние группы могут быть представлены как результат коммуникативных взаимодействий во внутренних и внешних средах, а, следовательно, рассматриваться с точки зрения известных коммуникационных механизмов.

Дальнейшие рассуждения предполагают использование двух выше упоминавшихся интегральных параметров КРР и ККР, объединяющих в себе группы механизмов внутренней и внешней коммуникации. Эти параметры можно принять в качестве факторов, определяющих особенности динамики каждой социальной группы.

Соотношение ККР и КРР, в качестве параметров группы, связано с энтропией группы, поскольку могут рассматриваться как выражение соотношения порядка/хаоса в состоянии

группы как системы. Приведение ККР и КРР к единой расчётной базе позволяет получать численные результаты, необходимые для анализа.

Расчётная величина энтропии группы меняется в области от минимальных до максимальных значений ККР и КРР, приближение параметра энтропии к максимальному значению рассматривается как приближение к коллапсу.

Проведение расчётов динамики малой группы осуществляется при учёте признаков, отражающих социально-психологическое состояние коллектива под влиянием внешних и внутренних факторов, на протяжении контрольного периода. Признаки и факторы состояний систематизированы в таблице 1.

Таблица 1 – Условия и признаки смены состояний малой группы

	Внешние служебные факторы	Дополнительные факторы	Психологические факторы	Состояние коммуникации	Энтропия группы
1	Разнородные творческие задания	Выстраивание коммуникаций с периферией	Высокая мотивированность	Выстраивание групповой коммуникации	Минимальные значения
2	Разнородные творческие задания	Появление дополнительной учёбы	Высокая мотивированность	Групповая коммуникация нормальная	Возрастание
3	Разнородные творческие задания	Многочисленное анкетирование	Высокая мотивированность	Групповая коммуникация нормальная	Возрастание
4	Разнородные творческие задания	Месячные планы и отчёты	Спадающая мотивированность	Групповая коммуникация переходит в стадию неустойчивости	Возрастание
5	Разнородные творческие задания	Реорганизации и оптимизации, психологическая обработка сотрудников, настраивание на конфликт	Низкая мотивированность	Групповая коммуникация разрушается	Возрастание
6	Разнородные творческие задания	Тотальное сокращение штатов и ликвидация подразделений, ликвидация группы	Отсутствие мотивированности	Групповая коммуникация разрушена окончательно	Максимальные значения
7	Ликвидация КБ				

Источник: данные авторов

В соответствии с предлагаемым методом, динамика малой группы рассчитывается на основе изменения энтропии группы как системы. Расчёты энтропии проводятся, согласно формуле К. Шеннона [10; 11]:

$$H = - \sum_{i=1}^N P_i \log P_i \tag{3}$$

где H – информационная энтропия; P – вероятность состояния группы.

Расчёты вероятности состояния группы на каждом этапе рассматриваемого периода времени производятся на основе матриц состояния, составленных для каждого этапа. Вероятность состояния группы определяется как вероятность её перехода в новое состояние, и вычисляется

с помощью математического метода цепей Маркова. Каждая матрица содержит данные о силе проявления внутренних и внешних факторов, оцениваемой в относительных единицах, полученных на основе соответственно разработанных шкал (таблица 2).

Таблица 2 – Образец матрицы состояния малой группы, отн. ед.

0,5	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9
0,9	0,8	0,7	0,5	0,5	0,4
0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,4
0,8	0,8	0,6	0,4	0,4	0,3
0,8	0,8	0,7	0,5	0,5	0,2
0,9	0,8	0,6	0,5	0,5	0,2

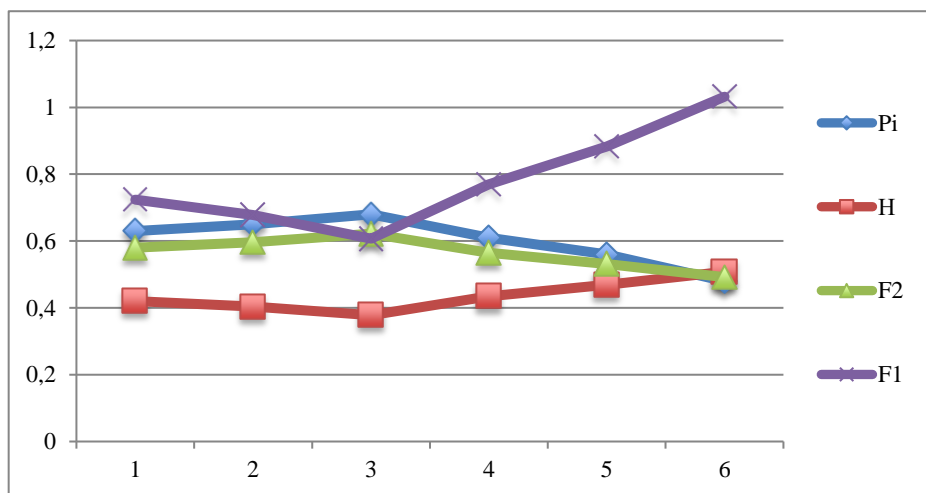
Источник: данные авторов

Изменение параметров, отражающих динамику состояний малой группы, поэтапно, на протяжении исследуемого периода, представлено в таблице 3 и на рисунке 3.

Таблица 3 – Поэтапное изменение параметров состояния малой группы, отн. ед.

Вероятн. состояния группы по этапам	Энтропия группы	ККР	КРР
P _i	H	F ₂	F ₁
0,63	0,420	0,580	0,724
0,65	0,404	0,596	0,678
0,68	0,378	0,622	0,607
0,61	0,435	0,565	0,770
0,56	0,469	0,531	0,883
0,48	0,508	0,492	1,032

Источник: данные авторов



Источник: данные авторов

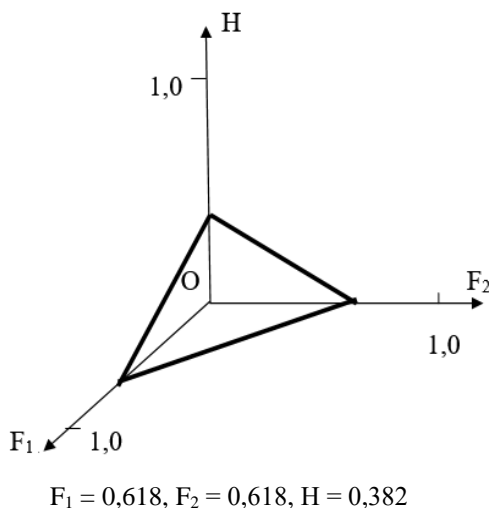
Рисунок 3 – Поэтапное изменение параметров состояния малой группы, отн. ед.

Максимальная вероятность состояния группы, как системы, соответствует наиболее динамически устойчивому её состоянию. Соответственно, группа, как система, крайне неустойчива при минимальных значениях вероятности своего состояния.

В соответствии с полученными характеристиками, можно заключить, что в состоянии максимальной устойчивости группы минимальное значение энтропии H (0,378) достигается при значениях максимума ККР (0,622) и минимума КРР (0,607). Иными словами, группа наиболее способна к развитию при максимальной свободе действий и решений, и минимальном управленческом вмешательстве.

Рассматривая малую группу в большинстве как коллектив, объединённый общими целями, требующими совокупных усилий, решение задач оптимизации функционирования таких коллективов можно вести не столько с позиции поиска их динамического равновесия, сколько к поиску оптимальных значений КРР (F_1) и ККР (F_2). Иными словами, поиска наибольшей функциональной эффективности коллектива. Использование параметров КРР (F_1) и ККР (F_2) сильно упрощает решение такого рода задач, в особенности, когда требуется рассмотрение проблемы с позиции социально-психологических оценок.

Характеристическая особенность малой группы как системы заключается в отсутствии позиций устойчивого системного равновесия. Однако предлагаемый подход позволяет найти зону наибольшей деятельностной эффективности коллектива, которая в математическом выражении представляет собой некоторую ограниченную поверхность, центр которой соответствует параметрическому оптимуму группы как динамической системы (рисунок 4).



Источник: данные авторов

Рисунок 4 – Зона функционального оптимума коллектива, отн. ед.

При решении социально-психологических задач управления динамикой коллективов можно исходить из трёх видов параметров, отражающих социально-психологическое состояние группы как системы.

1. Параметр, отражающий психологическое состояние коллектива;
2. Параметр, отражающий внутригрупповые отношения (внутренняя коммуникативность);
3. Параметр, отражающий влияние внешней социальной среды (внешняя коммуникативность).

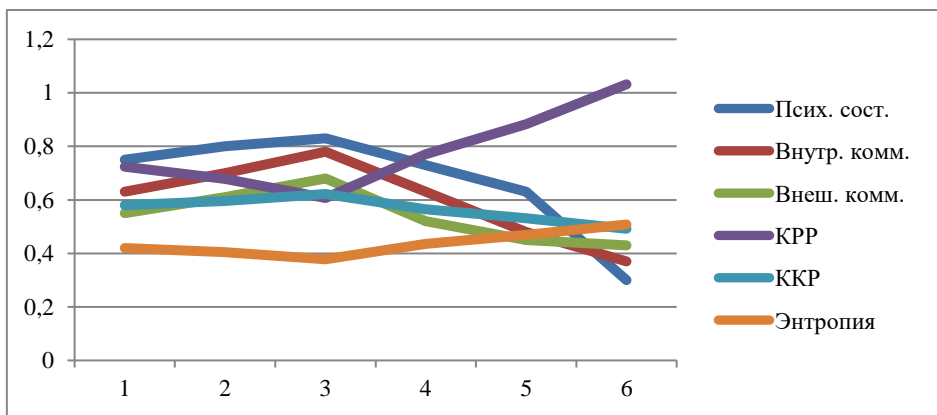
Рассмотрение этих параметров по аналогии с параметрами КРР (F_1) и ККР (F_2), в совокупности с H , позволяет получить достаточно полную картину динамики группы за любой рассматриваемый период.

В представляемом исследовании подобный расчёт дал следующие результаты (таблица 4, рисунок 5).

Таблица 4 – Социально-психологические характеристики состояний коллектива за исследуемый период, отн. ед.

Параметры состояния группы	Этап 1	Этап 2	Этап 3	Этап 4	Этап 5	Этап 6
Псих. сост.	0,75	0,80	0,83	0,73	0,63	0,30
Внутр. комм.	0,63	0,70	0,78	0,63	0,48	0,37
Внеш. комм.	0,55	0,61	0,68	0,52	0,45	0,43
КРР	0,724	0,678	0,607	0,770	0,883	1,032
ККР	0,580	0,596	0,622	0,565	0,531	0,492
Энтропия, H	0,42	0,404	0,378	0,435	0,469	0,508

Источник: данные авторов



Источник: данные автора

Рисунок 5 – Социально-психологические характеристики динамики малой группы, отн. ед.

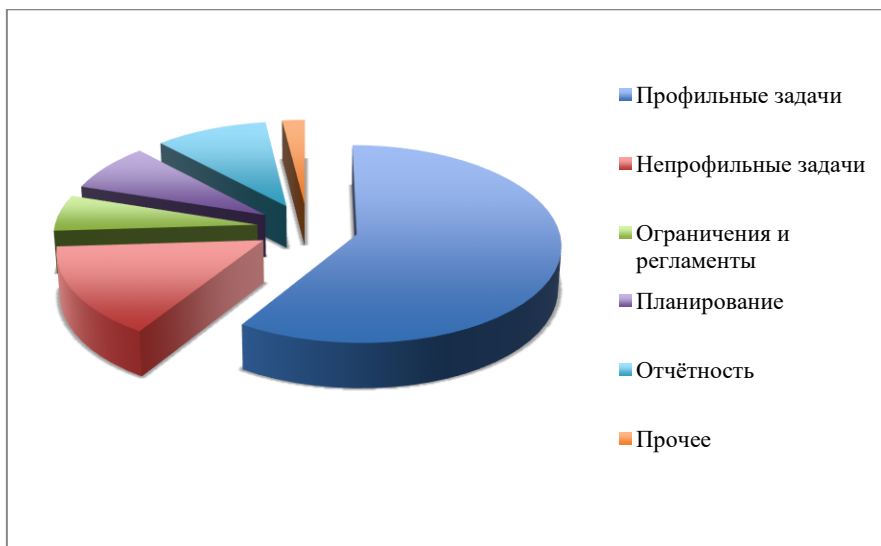
Графические характеристики показывают, что нарастание регуляторного воздействия на коллектив (КРР) повлекло спад социально-психологических параметров группы. Начиная с третьего этапа начался постепенный рост энтропии, свидетельствующий об ухудшении системного состояния группы. Только на третьем этапе состояние малой группы, с параметрами $F_1 = 0,607$; $F_2 = 0,622$; $H = 0,378$, приближалось к оптимуму ($F_1 = 0,618$, $F_2 = 0,618$, $H = 0,382$). Последующие этапы характеризуются удалением от оптимального состояния и приближением к коллапсу.

На основе проведённых расчётов было определено, что оптимальную динамику малой группы можно получить при следующей структуре распределения занятости по времени (Таблица 5, Рисунок 6).

Таблица 5 – Оптимальные затраты времени коллектива по видам решаемых задач, %

Выполняемые функции	Доля уделяемого времени в 9-часовом формате (%)
Профильные задачи	59,0
Непрофильные задачи	15,0
Ограничения и регламенты	6,0
Планирование	8,0
Отчётность	10,0
Прочее	2,0

Источник: данные авторов



Источник: данные авторов

Рисунок 6 – Оптимальные затраты времени коллектива по видам решаемых задач

Полученные характеристики ещё раз доказывают, какую большую роль играют управленческие воздействия, которые являются доминантным фактором в динамике развития социальных групп.

Полученные границы оптимального функционирования малой группы дают основания определить характерные особенности условий работы малых коллективов, из которых следует исходить при оптимизации управления.

- 1) Множественный и набегающий характер целевых задач.
- 2) Способность легко перестраиваться под конкретную задачу.
- 3) Способность быстрой смены компетенции внутри группы.
- 4) Отсутствие бюрократической составляющей в виде дополнительного управленческого звена.
- 5) Отсутствие излишней регламентации труда.

Выводы

1. В методологическом смысле информацию следует понимать как форму проявления энергетической сути любых процессов, в том числе социальных и психологических.

2. В условиях цифровизированного социума, в котором информация проявляет себя как фактор, определяющий состояние больших и малых групп, становясь одним из ведущих, аналитические подходы могут быть основаны на использовании информационной энтропии как расчётном параметре.

3. В исследованиях динамики социальных систем, в частности больших и малых групп, нарастание детерминированности целесообразно связывать с нарастанием энтропии, понимаемой как степень соотношения состояний порядок/беспорядок.

4. Информационно-коммуникационный подход позволяет решать задачи на проблемном поле социальной психологии, оперируя параметрами, связанными с информационной энтропией исследуемого объекта.

5. Введение расчётных параметров состояния, таких как коммуникативная регуляторная регламентация (КРР), коммуникативная контррегламентация (ККР) и информационная энтропия, позволяет рассчитывать как социальные, так и социально-психологические характеристики больших и малых социальных групп.

Библиография

1. Ауэрбах Ф. Царица мира и ее тень. Энергия и Энтропия / Пер. с нем.; под ред. А.П. Афанасьева. Пг.: Науч. книгоизд., 1919. 77 с. (Физическая библиотека).
2. Волькенштейн М. В. Энтропия и информация. М.: Наука, 1986. 193 с. (Проблемы науки и технического прогресса).
3. Джан Р.Г., Данн Б. Дж. Границы реальности. Роль сознания в физическом мире. М.: Изд-во Объединенный институт высоких температур РАН, 1995, 288 с.
4. Жебит В.А., Жебит Е.В. О феномене социальной коммуникации с точки зрения энтропии системных процессов // Социальная политика и социология, №8, 2012, С. 264-271.
5. Жебит В.А. Энтропийный подход в социопсихологическом аспекте динамики малых творческих групп // Социальная политика и социология. №10, 2012. С. 212-222.
6. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: в 10 т. 4-е изд., испр. Т. 5: Статистическая физика. Ч. 1. М.: Физматлит, 1995. 605 с.
7. Нейман Дж. Математические основы квантовой механики. М.: Наука, 1964. 367 с.
8. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. М.: Едиториал УРСС, 2003. 240 с.
9. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам. – М.: КомКнига, 2005. 248 с.
10. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М.: Изд. иностр. лит., 1963. 829 с.
11. Шеннон, К. "Математическая теория коммуникации" // Bell System. 1948, 27 (3). С. 379–423, 623–656.
12. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? / [пер. с англ.]. М.: РИМИС, 2009. 169 с.
13. Юнг К. Г. Об энергетике души / Пер. с нем. В. Бакусева. М.: Академический проект: Фонд «Мир», 2010, 297 с. (Психологические технологии).
14. Einstein A., Podolsky B., Rosen N., Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete? // Phys. Rev., 1935, Vol.47, Iss. 10. – P. 777-780.
15. Tetrode, H. (1922) über den Wirkungszusammenhang der Welt. Eine Erweiterung der klassischen Dynamik. Zeitschrift für Physik, 10, 317-328.

INFORMATION ENTROPY IN CALCULATIONS OF THE DYNAMICS OF SMALL GROUPS IN THE CONDITIONS OF A DIGITALIZED SOCIETY

Zhebit V.A.¹, Zhebit E.V.²

¹All-Russian Institute of Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences
²LLC "Patent attorneys Kvashnin, Sapelnikov and partners"

Abstract. The purpose of the study was to assess the possibility of using the "entropy" approach in calculating the dynamics of small groups, taking into account the conditions of a digitalized society. The analysis of categories of order/disorder was used to substantiate the entropy approach in the calculations of social dynamics. The use of trinary logic and the "quantum" approach in computational algorithms is substantiated. The use of entropy according to K. Shannon is substantiated both as a calculated parameter and an analysis tool, and as a methodological basis for mathematical modeling. Using the example of a small group, a method is presented using information entropy as a parameter that allows you to calculate the change in socio-psychological characteristics in the process of team development, in a digitalized society. The presented approach is considered as a way to a new methodology of entropy (energy) analysis on the problematic field of social psychology, taking into account the conditions of a digitalized society with a high content of highly connected information systems. The proposed solutions allow solving the problems of optimizing the formation of teams, taking into account the dynamic features of modern society.

Key words: entropy, communication, information and communication, dynamics of small groups.