

1.7. Фундаментальные основы изучения техноценоза

С точки зрения последующего математического описания ключевой подсистемы (детерминанта, определителя) технической реальности – техноценоза – большое значение имеет осмысление фундаментальных основ, в качестве которых мы, оставаясь в рамках современной научной традиции, прежде всего, рассматриваем всеобщие законы – первое и второе начала термодинамики [11,12,19,20,28]. При этом важным является не только и не столько простое распространение начал на технику и техноценозы с последующим подтверждением их всеобщности, но и выявление онтологической и гносеологической специфики приложения данных начал к технической реальности. Именно в изложении начал термодинамики в понятиях техноценологического подхода мы видим методологические основания универсального прикладного инструментария для исследования техноценозов – рангового анализа. Итак, в первую очередь рассмотрим начала термодинамики в их традиционных формулировках [53].

Первое начало (или закон сохранения энергии) гласит, что в изолированной системе энергия может переходить из одной формы в другую, но ее количество остается постоянным. Если система не изолирована, то ее энергия может изменяться либо при одновременном изменении энергии окружающих тел на такую же величину, либо за счет изменения энергии взаимодействия тела с окружающими телами. При переходе системы из одного состояния в другое, изменение энергии не зависит от того, каким способом (в результате каких взаимодействий) происходит переход, то есть энергия – однозначная функция состояния системы. Закон сохранения энергии является строгим законом природы, справедливым для всех известных взаимодействий, он связан с однородностью времени, то есть с тем фактом, что все моменты времени эквивалентны и физические законы не меняются со временем. Энергия – общая количественная мера различных видов движения и взаимодействия (слабого, электромагнитного, сильного, гравитационного) всех видов материи. На макроуровне условно различают отдельные виды энергии: механическую, тепловую, химическую и др. Одни виды энергии могут превращаться в другие в строго определенных количественных соотношениях (минимальная порция – квант). Понятие энергии связывает воедино все явления природы [53].

Второе начало термодинамики (или закон возрастания энтропии) гласит, что в замкнутой макроскопической системе энтропия при любом реальном процессе либо возрастает, либо остается неизменной. В состоянии равновесия энтропия замкнутой системы достигает максимума и никакие макроскопические процессы в такой системе невозможны (принцип максимума энтропии). Для незамкнутой системы направление возможных процессов, а также условия равновесия могут быть выведены из закона

возрастания энтропии, примененного к составной замкнутой системе, получаемой путем присоединения всех тел, участвующих в процессе. Второе начало термодинамики непосредственно связано с первым и показывает направление всех физических процессов. При этом энтропия – величина, количественно характеризующая степень неравномерности распределения энергии в системе; мера внутренней неупорядоченности системы; одна из величин, характеризующих тепловое состояние тела или системы тел; в теории информации – мера неопределенности сообщения; в теории сложных систем – мера структурной неоднородности [53].

Изложим первое начало термодинамики (закон сохранения энергии) в понятиях техноценологического подхода. Очевидно, что в данном случае рассмотрение системы-техноценоза, состоящего из объединенных слабыми связями технических изделий и обеспечивающих систем, требует поиска энергетического эквивалента. Как представляется, подобным эквивалентом могут выступить параметры, характеризующие технические изделия и обеспечивающие системы. Вспомним, параметр – это признак, характеризующий какое-либо явление, определяющий его оценку; величина, входящая в выражение, значение которой является постоянным в пределах рассматриваемой задачи. В ранговом анализе – величина, характеризующая какое-либо свойство технического вида или изделия, количественная форма показателя. Различают параметры: видообразующие, характеризующие виды технических изделий с точки зрения их предназначения, и функциональные, характеризующие особи с точки зрения эффективности их функционирования или затрат на всестороннее обеспечение.

Таким образом, основываясь на законе сохранения энергии можно постулировать, что все параметры особей техноценоза равноправны в том смысле, что наращивание при проектировании любого параметра сопровождается адекватным увеличением затрачиваемых при изготовлении, а также в последующей эксплуатации ресурсов. Следовательно, в континууме параметров системы-техноценоза всегда есть два непересекающихся и равномоощных подмножества (одно включает параметры, имеющие смысл полезного эффекта, другое – затрат). При этом полезный эффект имеет отношение к собственно техническим изделиям, а затраты – к обеспечивающим системам (эксплуатация, восстановление, снабжение, подготовка кадров, утилизация и др.). Ввиду того, что параметры полезного эффекта отражают свойства отдельных изделий, а параметры, имеющие смысл затрат, характеризуют системы, обеспечивающие функционирование групп особей (популяций) техноценоза, установить между ними однозначное соответствие невозможно. Однако, полагая фундаментальными законы сохранения, к техноценозу можно применить закон сохранения энергии в параметрической форме. Суть закона в данном случае заключается в том, что суммарные энергетические ресурсы, воплощенные в технические изделия, из которых состоит техноценоз, в совокупности с суммарными энергетиче-

скими затратами, необходимыми для обеспечения их эксплуатации, в параметрическом выражении всегда равны совокупному полезному эффекту, который можно извлечь в процессе функционирования техноценоза.

Здесь следует сделать два важных замечания. Во-первых, математическая реализация первого начала термодинамики в понятиях техноценологического подхода требует предварительной нормировки параметров. Во-вторых, диктуемое первым началом формальное параметрическое равенство в техноценозе отнюдь не означает автоматическое равенство энтропии техноценоза до и после воплощения энергетических ресурсов в технические изделия и обеспечивающие подсистемы.

Перейдем ко второму началу термодинамики (закону возрастания энтропии) и также сформулируем его в понятиях техноценологического подхода. В первую очередь следует отметить, что у понятия энтропии имеются три, в принципе связанных друг с другом, различных трактовки: энергетическая, информационная и структурная. Рассмотрим эту связь на примере. Предположим, что в нашем распоряжении имеется полностью изолированное от окружающей среды помещение неизменного объема, равномерно заполненное каким-либо газом, состоящим из простейших неделимых частиц (молекул) и предварительно нагретым до температуры двадцать градусов. Газ при этом совершенно не взаимодействует со стенками помещения. Очевидно, что если до этого помещение находилось в состоянии равновесия бесконечно долго, то энтропия газа, содержащегося в нем, будет максимальна. Теперь, каким-либо образом разделим помещение на две равных части перегородкой, обладающей абсолютно изолирующими свойствами и с которой также не взаимодействует газ. Затем в одной половине помещения понизим температуру до нуля градусов и за счет высвободившейся энергии повысим (без потерь энергии) температуру в другой половине до сорока градусов. Понятно, что в соответствии с первым началом термодинамики, общее количество энергии в помещении не изменится, однако при этом энтропия газа уменьшится ровно в два раза (причем как в энергетической, так и в информационной трактовке). Если трактовать энтропию как меру неоднородности энергии, то понятно, что в первом случае энергия была распределена равномерно по всему объему помещения, а во втором – появились две равные части помещения с разной температурой. Если говорить об информации, то можно увидеть следующее. До деления помещения в каждой его точке была одинаковая температура, следовательно, мы имели нулевую информацию, позволяющую по параметру температуры отличить одну точку помещения от другой. После деления помещения появилась минимальная информация (один бит), т.к. только по значению температуры мы можем сразу определить, в какой половине помещения находится рассматриваемая точка.

Теперь рассмотрим более сложную картину. Предположим, что все молекулы газа в помещении не просто равномерно заполняют объем, а об-

разуют различные структуры, которые можно классифицировать по видам и особям. К одному виду мы будем относить особи, обладающие определенным количеством молекул (первый вид – одномолекулярные, второй – двухмолекулярные, третий – трехмолекулярные и т.д.). Совокупность особей, относящихся к одному виду, будем называть популяцией. В системе можно ввести макропараметр, характеризующий особи со структурной точки зрения и эквивалентный энергии – это количество молекул в особи. С точки зрения структурной энтропии можно рассмотреть два крайних состояния системы (газа внутри помещения): первое – все особи состоят из одинакового количества молекул (в системе только один вид, структура в максимальной степени равномерна, энтропия максимальна); второе – каждая из особей состоит из различного числа молекул (максимальное количество видов, наибольшее разнообразие, структура характеризуется максимальной неравномерностью или дисимметрией, энтропия минимальна).

Рассуждения, которые приведены выше, имеют отношение к случаю, когда в качестве единичных подсистем рассматриваются отдельные особи, а что будет, если в качестве подсистем рассмотреть не особи, а целые популяции. При этом популяции будут характеризоваться аналогичным макропараметром – суммарным количеством молекул, которое насчитывают все особи, составляющие данную популяцию. Понятно, что в этом случае мы можем получить большое количество различных состояний системы, каждое из которых будет приводить к равномерному распределению параметра среди подсистем (в данном случае популяций). Если еще усложнить картину и рассмотреть ситуацию, когда в системе одновременно действуют две равномошные тенденции: первая из них стремится привести систему в состояние с максимальным разнообразием (наибольшим количеством видов), а вторая – с минимальным. Очевидно, что вторая тенденция в нашем примере может рассматриваться как формальное следствие действия закона возрастания энтропии. Что же касается первой тенденции, то она может возникнуть только как следствие действия в системе энергетического отбора, каким-либо образом задающего предпочтение для существования особей, имеющих в своем составе большее количество молекул. Не будем вдаваться в подробности механизма и причин этого отбора, заметим лишь, что в настоящее время имеется ряд теорий на этот счет [61]. Важнее другое – понимание того, что в результате действия тенденций система самопроизвольно придет в единственное конечное состояние, характеризующееся равномерным распределением параметра по популяциям при максимально возможной дисимметрии распределения по особям. Это состояние можно назвать своего рода компромиссным или минимаксным. Что касается равномошности тенденций, то она может возникнуть в том случае, если тенденции будут энергетически взаимосвязаны посредством закона сохранения энергии. Другими словами, наращивание одной тенденции в системе может осуществляться только за счет эквивалентного

уменьшения другой. Понятно, что в условиях замкнутой системы, рассматриваемой в нашем примере, по-другому связать тенденции и нельзя.

Рассмотренный пример позволяет на качественном уровне увидеть результаты действия начал термодинамики в относительно изолированных биологических и технических системах, которые называются, соответственно, био- и техноценозами. Так в структуре обоих ценозов мы имеем особи, виды и популяции, а также две энергетически взаимосвязанные противоположные тенденции. В биоценозе – это биологические особи и виды, объединенные в систему трофическими связями, а также две противоположные тенденции, первая из которых является следствием постоянной изменчивости видов, задаваемой естественным отбором, а вторая – следствием жесткой межвидовой конкуренции за ограниченные пищевые ресурсы. В техноценозе – это технические особи и виды, объединенные в систему слабыми связями, а также две противоположные тенденции, первая из которых является следствием постоянного стремления к наращиванию функциональности за счет увеличения разнообразия технических особей, а вторая – следствием экономии ресурсов, расходуемых на всестороннее обеспечение процесса функционирования технических видов (подготовку кадров, эксплуатацию, ремонт, снабжение, утилизацию и т.д.).

Таким образом, мы в общих чертах выяснили механизм действия начал термодинамики в техноценозах. Однако необходимо еще разобраться, а каким образом можно описать состояние техноценоза, соответствующее тому минимаксному состоянию, о котором мы говорили выше. И здесь следует вспомнить, что состояние техноценоза описывается не одним, а многими параметрами (теоретически – континуумом), половина из которых имеет смысл полезного эффекта, а половина – затрат на всестороннее обеспечение. И если ранговое параметрическое распределение по параметру полезного эффекта обладает максимумом энтропии, то параметрическая связанность техноценоза приводит к тому, что максимальной энтропией будет обладать и ранговое параметрическое распределение по параметру затрат. Причем снижение энтропии одного распределения неизбежно приведет к снижению энтропии другого, что позволяет предполагать существование некоторого оптимального состояния техноценоза, все параметрические распределения которого обладают максимальной энтропией. Следует отметить, что здесь и далее мы будем в качестве состояния с максимальной энтропией рассматривать особое минимаксное состояние, характеризующееся максимальной энтропией распределения ресурсов по популяциям при условии максимального видового разнообразия.

Опираясь исключительно на ранговое видовое распределение, видовую энтропию техноценоза можно выразить как меру структурной неоднородности системы. Однако использование данного понятия для анализа и оптимизации техноценозов затрудняется таксономическим характером ранговых видовых распределений. Учитывая понятие структурной энтро-

пии и переходя от ранговых видовых распределений техноценоза к ранговым параметрическим (по видообразующим параметрам), можно заключить, что максимум энтропии достигается при выполнении для всего перечня видов принципа максимума энтропии. Суть его заключается в том, что энтропия естественно развивающегося техноценоза возрастает и достигает максимума, когда суммарные энергетические ресурсы, воплощенные в технические изделия при их изготовлении, распределены равномерно по популяциям техники, то есть производство энергетического ресурса, необходимого для изготовления одного изделия, на их количество в техноценозе есть величина постоянная для всех видов техники.

Как показывают многочисленные модельные исследования техноценозов (как и ценозов другой природы), выполнение принципа тесно связано с канонической формой соответствующих ранговых распределений. Кроме того, принцип позволяет проследить связь между процедурами номенклатурной и параметрической оптимизации. Если ввести понятие о суммарном ресурсе техноценоза по параметру и определить из видового распределения техноценоза общее количество видов то можно утверждать, что изменение номенклатуры (количества используемых видов) при условии сохранения параметрической оптимальности неизбежно сопровождается изменением ресурсов в техноценозе. С другой стороны, изменение структуры при сохранении номенклатуры также приводит к изменению ресурсного баланса. В любом случае ресурсная дестабилизация в техноценозе (особенно по важным видообразующим параметрам) неизбежно сопряжена со снижением эффективности. При этом уменьшение суммарного ресурса техноценоза приводит к «параметрической недостаточности» (занижению функциональных свойств технических изделий), а увеличение – к недопустимому наращиванию комплиментарного параметра (неоправданному увеличению затрат на обеспечивающие системы).

В итоге можно судить о единственном (в данный момент времени) состоянии техноценоза, которое при требуемом суммарном ресурсе по параметру и определенной структуре четко задает его номенклатуру. Кроме того, возрастание энтропии в техноценозах приводит к выравниванию ресурсов, приходящихся на отдельные популяции видов. В данном случае максимальная дисимметрия ресурсов среди особей сочетается с полной симметрией среди популяций видов техноценоза (своего рода энергетическая симметрия). Следует учесть, что сформулированные выводы представляется возможным обобщить на континууме видообразующих параметров техноценоза. Таким образом, имеются основания полагать, что параметрическая оптимизация в техноценозе обычно является самодостаточной процедурой и обеспечивает улучшение (в показанном здесь смысле) его видового разнообразия (номенклатурную оптимизацию).

Видообразование в техноценозе осуществляется по так называемым видообразующим параметрам. В обобщенном виде эти параметры часто

ставятся в соответствие классификационным параметрам назначения. Распределение видообразующего параметра, будучи рассмотрено применительно к особям техноценоза, подпадает под класс ципфовых, и для него может быть определено ранговое параметрическое распределение, основная особенность которого заключается в том, что оно, ранжируя особи по параметру (с параметрическим рангом), не перераспределяет их между видами, каждый из которых имеет видовой ранг на ранговом видовом распределении. Принципиально важно, что форма рангового параметрического распределения, в котором упорядоченно ранжируются не только особи, но и виды, позволяет выделить фундаментальную интегральную по форме взаимосвязь между параметрическим и видовым рангами техноценоза, которая играет очень важную роль в прикладной методологии оптимизации. Кроме того, для каждого видового ранга представляется возможным записать выражение, где соответствующие значения математического ожидания видообразующего параметра и мощности популяции вида в техноценозе находятся в обратной зависимости. Данное выражение имеет большое значение в теории техноценозов. Во-первых, если условно рассматривать суммарный ресурс ценоза по параметру, с одной стороны, и ресурс, реализуемый отдельным видом, с другой, и принять во внимание критерии оптимальности техноценоза, то представляется возможным заключить следующее. Требования к форме кривой видового или рангового видового распределения, определяющие максимальную структурную энтропию, можно распространить на совокупность ранговых параметрических распределений данного техноценоза. При этом появляется возможность судить о состоянии, оптимальном в энергетическом смысле.

Во-вторых, при стабильном и устойчивом состоянии техноценоза, а также известных требованиях к параметрам распределения можно судить об аналитически показанной обратной зависимости между математическим ожиданием видообразующего параметра и мощностью популяции отдельного вида. В-третьих, становится понятным, что сколь угодно значительное отклонение параметров разрабатываемого вновь или модернизируемого технического изделия от значений, которые в системе устоявшихся ранговых распределений задаются степенью массовости предполагаемого применения, в условиях параметрически-энергетической связанности техноценоза неизбежно повлечет за собой адекватные изменения сопряженных комплиментарных параметров данного вида техники. Попытка внедрения подобного технического решения в инфраструктуру устойчивого техноценоза приведет к его неотвратимой дестабилизации. При этом совершенно неважно, в какую сторону предполагается отклонение параметров. Верно и обратное утверждение: техноценоз будет дестабилизирован также и в том случае, если популяция существующего вида увеличится сверх численности, которая диктуется видообразующими параметрами и устоявшейся системой ранговых распределений.

Это, кроме всего прочего, закладывает теоретические основы для разработки инженерных методик (в пределе – САПР) оценки эффективности принимаемых технических решений. Здесь предполагается на основе исходных данных о ключевых видообразующих параметрах вида технического изделия определять требования к его численности в техноценозе. Очевидно, что возможен и обратный вариант, когда на основе данных о численности вида задаются требования к видообразующим параметрам. Надо полагать, что первый вариант реализации методики в большей степени подходит к важным, дорогостоящим, уникальным видам техники, а второй, наоборот – к менее важным, дешевым и многочисленным.

Таким образом, эффективным в техноценологическом смысле представляется такое решение, которое по своим параметрам органично вписывается в существующие видовые и ранговые распределения техноценоза. Если это решение «внутренне» эффективно и в традиционном смысле (при соотношении «полезный эффект – затраты»), его можно считать не противоречащим законам техноэволюции и внедрять без опасения, что оно может быть отторгнуто инфраструктурой с объективной необходимостью.

Как известно, оптимизация техноценоза наряду с рассмотренной параметрической включает и номенклатурную. Техноценологическая теория впервые позволяет поставить вопросы номенклатурной оптимизации на четкую аналитическую основу. Исследования в данной области сдерживаются проблемами зависимости и ограниченности техноценозов. Дело в том, что отдельно существующих техноценозов в их классическом понимании (в смысле простых чисел) не существует. Рассмотрение техноценозов оставляет пока открытым вопрос об их взаимопроникновении и взаимодействии, а также иерархической зависимости. Конвенционность систем отсчета и фрактальность видообразования в ряде случаев существенно затрудняют применение классических критериев устойчивости. Рассмотрим возможные пути решения данной проблемы.

Как представляется, имеется особый класс так называемых зависимых техноценозов, локальная структура которых формируется не только чисто информационным отбором, но под воздействием и других факторов. Прежде всего на структуру зависимого ценоза может оказывать значительное влияние другой ценоз (ценозы), существующий в тех же пространственно-временных координатах (в той же инфраструктуре) и являющийся доминирующим, иерархически старшим (технологически определяющим). В этом случае, даже если структура доминирующего техноценоза полностью соответствует критериям устойчивости, зависимый техноценоз по своим параметрам может существенно отличаться от канонического состояния. В общем случае зона их взаимного соответствия (пересечения) и параметрические соотношения могут быть самыми разными.

В качестве критерия номенклатурной оптимизации зависимого техноценоза следует рассматривать его соответствие не абстрактному кано-

ническому распределению, а видовой структуре части доминирующего техноценоза, определяющей по отношению к оптимизируемому. При этом она, будучи рассматриваема изолированно, как правило, обладает принципиальной избыточной унификацией или ассортицей, которую необходимо учитывать при оптимизации. Принципиальную избыточность техноценоза в рамках нашего подхода предлагается учитывать модификацией требований к ноевой касте. Так, при избыточной унификации ноеву касту необходимо расширить за счет видов, популяции которых насчитывают две и более особей. При избыточной ассортице, наоборот, из ноевой касты необходимо исключить часть видов. Следует видеть, что в процессе предложенной выше эмпирической модификации ноевой касты определяющей части доминирующего техноценоза метрика не изменяется и остается неизменным значение поинтер-точки. Кроме того, важно учитывать соотношение между объемами первоначальной и модифицированной ноевых каст техноценоза, рассматриваемое в рамках нашего подхода как коэффициент исходной избыточной унификации или ассортицы.

В работах [11,12,19,20] автором сформулирован и подробно разобран закон оптимального построения техноценозов, который опирается на начала термодинамики. При этом предполагается, что оптимальным является техноценоз, в котором имеется такой набор технических изделий-особей, который, с одной стороны, по своим совокупным функциональным показателям обеспечивает выполнение поставленных задач, а с другой – при наибольшем возможном разнообразии видов, характеризуется максимальной энтропией, т.е. суммарные энергетические (параметрические) ресурсы, воплощенные в технические изделия при их изготовлении, распределены равномерно по популяциям всех видов техники.

Большое теоретическое значение имеют два ключевых следствия, вытекающие из закона оптимального построения техноценозов. Первое из них констатирует параметрически-энергетическую связанность техноценозов, приводящую к оптимальному (гомеостатическому) состоянию, максимизирующему энтропию при распределении требуемых системе параметрических (энергетических) ресурсов по видам технических изделий (с максимальной диссимметрией при распределении по особям). Второе следствие показывает свертываемость континуума ранговых параметрических распределений особей к ранговому видовому распределению техноценоза в целом, задающую механизм оптимизации (оптимального управления), включающий процедуры номенклатурной и параметрической оптимизации (при самодостаточности последней).

Условия теоретически оптимального состояния техноценоза отражают, во-первых, реализацию принципа неубывания энтропии, неотвратно ведущего развивающийся техноценоз к состоянию, в котором наличествующий в системе суммарный параметрический ресурс распределяется равномерно по популяциям всех видов технических изделий и одновре-

менно неравномерно, с максимально возможной дисимметрией – по отдельным изделиям-особям. Во-вторых, они прописывают для техноценоза закон сохранения энергии в параметрической форме, показывая, что любое изменение видообразующих параметров применяемых в техноценозе технических изделий неизбежно сопряжено с энергетически равнозначным изменением функциональных параметров, имеющих смысл затрат как на производство этих изделий, так и на их эксплуатацию.

Условия оптимального состояния техноценоза сводятся к шести фундаментальным уравнениям. Первое из них связывает между собой суммарный параметрический ресурс всех особей техноценоза, с одной стороны, и произведение количества видов в техноценозе на суммарный параметрический ресурс, выделенный на каждый вид, с другой стороны. Данное уравнение показывает, что в условиях неизменности суммарного параметрического ресурса техноценоза между процедурами номенклатурной и параметрической оптимизации существует связь. Это подтверждает свертываемость континуума ранговых параметрических распределений особей к ранговому видовому распределению техноценоза в целом.

Второе уравнение как следствие закона сохранения энергии в параметрической форме показывает, что суммарный параметрический ресурс каждой популяции техноценоза неизменен и делится на две одинаковые части. Первая имеет смысл полезного эффекта, вторая – затрат. Учитывая первое уравнение, а также то обстоятельство, что при параметрической оптимизации варьируются параметры, можно сделать заключение о самодостаточности процедуры параметрической оптимизации, которая неотвратимо ведет техноценоз к каноническому (оптимальному) состоянию (в т.ч. и в смысле видового распределения). Следует отметить, что последнее замечание касается как видообразующих, так и функциональных параметров. Кроме того, в данном случае имеется в виду состояние техноценоза, при котором все параметрические ресурсы распределены равномерно по популяциям видов, что соответствует заявленному максимуму энтропии.

Третье уравнение показывает однозначную обратную связь между численностью особей любого вида техноценоза (по-другому – мощностью популяции) и уровнем овеществленного в данном виде техники видообразующего параметра (математического ожидания, учитывая гауссов разброс в пределах популяции или вида), которая задается постоянством суммарного параметра популяции в оптимальном техноценозе.

Четвертое уравнение устанавливает связь между параметрическим и видовым рангами через ранговое видовое распределение. Третье и четвертое уравнения являются стержневыми в законе оптимального построения техноценозов и представляют собой теоретическую основу прикладных методик оптимизации, осуществляемых, как правило, в рамках долгосрочной научно-технической политики. Они диктуют следующее: чтобы не дестабилизировать техноценоз при проектировании (модернизации) и внед-

рении новых образцов техники необходимо придерживаться определенных правил. В случае если жестко заданы параметры спроектированного вида, количество изделий данного вида (мощность популяции) не может быть выбрано произвольно, а диктуется (через связь, описываемую четвертым уравнением) формой рангового видового распределения. И наоборот, при жестко заданной численности проектировщик не может свободно выбирать параметры (исходя лишь из меристических представлений, по «узкому» соотношению «полезный эффект – затраты»). Он обязан непременно учитывать техноценологические рекомендации.

Пятое и шестое (а также второе) уравнения являются следствием действия закона сохранения энергии в техноценозах. При этом пятое, как говорилось выше, указывает на параметрически-энергетическую связанность (между континуумами параметров), а шестое является фундаментальным, наиболее полно описывающим закон сохранения энергии в понятиях техноценологического подхода. Оно показывает, что суммарный параметрический ресурс исчерпывается только в том случае, если в техноценозе рассмотрен весь континуум видообразующих и функциональных параметров. Шестое уравнение, кроме того, позволяет сделать вывод чрезвычайной важности. Учитывая первое и третье уравнения (особенно третье), можно заключить, что параметрическая оптимизация видов технических изделий, будучи выполнена по отдельным видообразующим или функциональным параметрам и даже в отрыве от всей совокупности других параметров, неминуемо ведет к оптимизации техноценоза в целом. Верно и обратное утверждение, что создает основу для автономной реализации отдельных этапов и процедур рангового анализа.

Возникает вопрос: почему автор считает состояние техноценоза, описываемое рассмотренной совокупностью уравнений, оптимальным? В данном случае в качестве исходных мы постулируем два положения: первое – начала термодинамики безусловно выполняются; второе – любая оптимизация должна устремлять систему к состоянию «минимакса», которое максимизирует положительный эффект при минимальных затратах на его достижение. Максимальная диссимметрия распределения видообразующих параметров между особями техноценоза (задается оптимальной формой ранговых параметрических распределений) позволяет добиваться максимального положительного эффекта в процессе функционирования техноценоза (состояние «-макс»). В свою очередь максимальная энтропия (равномерность) распределения параметрических ресурсов между видами техноценоза обеспечивает минимальные затраты на техническое обслуживание, ремонт, подготовку кадров, снабжение и др. (состояние «мини-»).

В дополнение рассмотрим алгоритмическую систему закона оптимального построения техноценозов. Это необходимо, потому что методология раскрывает перед нами весьма сложную и запутанную палитру этапов и процедур оптимизации техноценозов. Для их надежного освоения

требуется, с одной стороны, тщательная систематизация и упорядочение, а с другой – достаточно четкое определение специфики оптимизации техноценозов как процесса оптимального управления потреблением ресурсов.

К настоящему времени имеется достаточно устоявшееся представление об оптимальном построении техноценозов как особой мегапроцедуре, глубоко структурированной по целям, уровням сложности, этапам, а также единичным процессам. В практическом приложении определение особого места техноценологического подхода к оптимизации сложных технических систем закладывает теоретические основы предлагаемой концепции, суть которой состоит в том, что оптимальное совершенствование структуры техноценозов предлагается осуществлять в два основных этапа [20].

На первом этапе необходимо оптимизировать техноценоз по функциональным параметрам, т.е. уменьшить потребление ресурсов без изменения структуры. Данный этап проводится циклично на протяжении нескольких временных интервалов (как правило, лет) до тех пор, пока не будут исчерпаны организационные меры. То, что на данном этапе не затрагивается номенклатура техноценоза, определяет сравнительно небольшие затраты на осуществление оптимизационных процедур. Собственно методология оптимизации техноценоза по функциональным параметрам включает три основных этапа-процедуры: интервальное оценивание, прогнозирование и нормирование, которые составляют основное содержание рангового анализа. Необходимо отметить, что теоретически в нашем распоряжении наличествует бесконечное количество функциональных параметров, поэтому оптимизировать техноценоз следует по основным из них.

Когда будут исчерпаны ресурсы оптимизации по функциональным параметрам, на втором этапе общего алгоритма приступают к структурным преобразованиям техноценоза (номенклатурной оптимизации). Момент перехода от первого ко второму этапу оптимизации определяется по результатам стержневой процедуры первого этапа – интервальному оцениванию. После того, как в результате многократной циклической реализации трех процедур оптимизации по функциональным параметрам, обнаружится, что в эмпирическом ранговом параметрическом распределении техноценоза отсутствуют «аномальные» точки, выходящие за границы переменного доверительного интервала, первый этап следует заканчивать [20].

Основным содержанием второго этапа является номенклатурная оптимизация техноценоза, которая реализуется преимущественно методами параметрической оптимизации по видообразующим параметрам. В конечном итоге формируется видовое разнообразие, соответствующее закону оптимального построения техноценозов [20]. Однако оптимизация техноценоза в это время не заканчивается, т.к. к моменту формального завершения второго этапа от начала всего процесса проходят годы. Принципиально важно, что сформулированная концепция включает в себе не замкнутый алгоритм оптимизации итерационного типа, а открытую циклическую

стратегию, предполагающую непрерывную и несходящуюся реализацию первого и второго этапов и направляющую (в условиях постоянно изменяющейся внешней инфраструктуры) динамично развивающийся техноценоз к все более стабильному состоянию.

Достаточно интересным с теоретической точки зрения и весьма плодотворным с практической является осмысление применительно к техноценозу понятия когерентности. По существующему определению когерентность – общефизическое, общенаучное понятие, обозначающее несиловое взаимодействие объектов, синхронизацию, согласованность процессов, характеризующее внутреннее единство мира и общее свойство материи, неразрывно связанное со свойством отражения. Когерентность – специфическое свойство организованного объекта, связанное с понижением энтропии системы. Когерентные, кооперативные состояния представляют наиболее высокоорганизованную форму как природных, тек и технико-технологических процессов. Понятие когерентности играет существенную роль в неравновесной термодинамике, синергетике. При повышении степени неравновесности в открытых системах возникают корреляции, взаимосвязи между отдельными процессами, появляются возможности управления, взаимодействия при малых затратах энергии, кибернетической обратной связи. При этом возникают стационарные неравновесные состояния с высокой степенью упорядоченности, которым свойственно согласованное кооперативное взаимодействие подсистем. В социогуманитарных исследованиях (социологии, психологии, эстетике, лингвистике) когерентность обозначает конкретные методы анализа, алгоритмы и модели, в которых существенную роль играют кооперативные, корреляционные связи в поведении людей. Когерентность учитывает то, что при разработке моделей информационного и предметно-волевого поведения определенных совокупностей людей чисто детерминистский и чисто вероятностный подходы, как правило, не являются оправданными из-за наличия внутренних связей существующих корреляций. Когерентность наряду с другими системологическими, кибернетическими и синергетическими понятиями на современном этапе научно-технической революции приобретает статус философской категории. Свойство когерентности полезно учитывать при анализе и синтезе сложных технических систем и комплексов [53].

Вернемся к нашему примеру с абсолютно изолированным помещением, заполненным газом. При этом газ в помещении структурируется на виды и особи по параметру количества молекул, составляющих особь. Мы сделали вывод, что при наличии двух противоположных тенденций, одна из которых направлена на увеличение разнообразия в системе (рост количества видов), а вторая, наоборот, – на уменьшение разнообразия, система самопроизвольно эволюционирует в минимаксное состояние, характеризующееся наибольшим разнообразием среди всех состояний, обладающих максимальной энтропией. Следует помнить также, что энтропия в системе

определяется не по особям, а по популяциям видов. Конечное состояние системы нам понятно, более того, мы провели аналогию с технической реальностью и проследили, какими закономерностями это состояние описывается применительно к техноценозу. Остается открытым вопрос, касающийся механизма эволюции системы к оптимальному состоянию.

Для нас очевидно, что, под действием ограничений, накладываемых законом сохранения энергии, структуризация во взаимосвязанной системе будет сопровождаться согласованным (когерентным) изменением параметров как системы в целом, так и отдельных особей в частности. Дело в том, что в помещении, которое мы рассматривали в качестве примера, на протяжении всей эволюции газа общее количество неделимых молекул остается неизменным. По мере структуризации газа и возникновении новых видов будет трансформироваться ранговое параметрическое распределение, описывающее систему. Если отслеживать, с одной стороны, процесс изменения во времени параметров рангового распределения в целом, а с другой – параметрические временные ряды отдельных особей, то можно делать выводы о степени согласованности данного процесса, которая может быть измерена некоторым показателем, характеризующим когерентность и рассчитываемым для каждой особи.

Если перейти от абстрактного примера с изолированным газом (в котором процесс структуризации будет происходить абсолютно согласованно), к реальному техноценозу с несовершенной системой управления, находящемуся в непрерывном взаимодействии с окружающей средой, то здесь можно увидеть сложный многоуровневый процесс структуризации, отличающийся неравномерностью как по отдельным временным этапам и рассматриваемым параметрам, так и по различным параметрическим кластерам ранговых распределений. И в этом случае для эффективного прогнозирования изменения параметров во времени может понадобиться априорная информация о степени согласованности «параметрического поведения» объектов и системы в прошлом, которая может быть измерена соответствующим параметром – коэффициентом когерентности.

Итак, в техноценологической теории понятие когерентности применяется для характеристики динамических процессов, происходящих в развивающемся техноценозе. Она показывает степень согласованности процессов функционирования техноценоза в целом и одной из его особей в частности. При этом согласованность фиксируется по ранговым параметрическим распределениям, а мерой согласованности выступает коэффициент когерентности, под которым понимается отношение системного и гауссового доверительных интервалов параметрического распределения, которое рассчитывается для особи и показывает степень согласованности процессов функционирования особи по отношению к техноценозу [20].

Под системным доверительным интервалом рангового параметрического распределения техноценоза понимается совокупность верхних и

нижних доверительных границ, каждая из которых получается в результате статистической обработки выборки значений параметров, соответствующих данному рангу на протяжении определенного количества временных интервалов (независимо от особей, которые «проходят» через ранг в процессе функционирования). В прикладных методиках для определения ширины доверительного интервала используется понятие интерквартильного размаха применительно к выборке значений функционального параметра, соответствующих данному рангу на протяжении ряда временных интервалов развития техноценоза. Системный доверительный интервал является мерилем системного ресурса особи, «занимающей» в рассматриваемый момент времени определенный ранг на ранговом параметрическом распределении, и характеризует разброс параметров техноценоза, при котором его функционирование можно считать нормальным. Фактически этот интервал отражает требования или ограничения, которые система выдвигает особям, чтобы обеспечить свое устойчивое функционирование. Если эмпирическое значение параметра особи выходит за пределы системного интервала, то это означает, что особь не подчиняется системным требованиям и проявляет индивидуальность. Сама же величина отклонения может рассматриваться как мера индивидуальности особи, «лежащей» в данный момент времени на соответствующем ранге.

Ширина системного доверительного интервала определяется предысторией развития техноценоза, будучи взятого в целом, и если она невелика, то это свидетельствует о том, что техноценоз развивается стабильно и сбалансировано, все изменения в нем происходят плавно. Напротив, широкий интервал свидетельствует о резких структурных изменениях. Методика определения системного интервала позволяет противопоставить его гауссовому доверительному интервалу, который определяется применительно не к рангу распределения, а к особи техноценоза.

Под гауссовым доверительным интервалом рангового параметрического распределения техноценоза понимается совокупность верхних и нижних доверительных границ, каждая из которых получается в результате статистической обработки выборки значений параметров, соответствующих данной особи на протяжении определенного количества временных интервалов (независимо от рангов, которые она принимает в процессе функционирования). Для определения ширины гауссового доверительного интервала также используется понятие интерквартильного размаха применительно к выборке значений функционального параметра особи на протяжении ряда временных интервалов развития техноценоза. Гауссовый доверительный интервал является мерилем гауссового ресурса особи на ранговом параметрическом распределении и характеризует разброс параметров особи, при которых ее функционирование можно считать нормальным (независимо от поведения техноценоза). Ширина данного интервала задается предысторией развития особи, и чем эта ширина меньше, тем ста-

бильней ее функционирование. В случае выхода эмпирического значения параметра особи за границы гауссового интервала, можно говорить, что на самой особи произошли достаточно резкие изменения (осуществлена модернизация оборудования, внедрены новые технологии) либо система предъявила новые требования, для выполнения которых особь вынуждена резко изменить свой режим функционирования.

Таким образом, для каждой особи можно получить отношение системного и гауссового доверительных интервалов, которое называется коэффициентом когерентности и показывает степень согласованности поведения особи и техноценоза. Теоретически коэффициент когерентности может быть определен как предел отношения системного ресурса кластера к его гауссовому ресурсу при условии сужения ширины кластера до нуля (устремления числа кластеров к общему количеству особей).

Несколько слов о системном и гауссовом ресурсах, которые определяются после кластеризации рангового параметрического распределения для каждого из параметрических кластеров. Если посмотреть на любой кластер, то можно увидеть, что его суммарный ресурс делится на две части: так называемые гауссовую и системную. Гауссовый ресурс может быть определен как интеграл (в пределах ранговых границ кластера) гауссового распределения в ранговой форме, соответствующего кластерному распределению параметров, минус произведение наименьшего кластерного значения параметра на ранговую ширину кластера. В свою очередь, системный ресурс определяется как разность интегралов (также в пределах ранговых границ кластера) реального рангового параметрического распределения и гауссового распределения, соответствующего кластерному распределению параметров в ранговой форме [20]. Гауссовый ресурс показывает, какой был бы разброс параметров среди особей, принадлежащих кластеру, если бы мы имели дело с отдельной гауссовой выборкой. Следовательно, он характеризует индивидуальные динамические свойства особей. Напротив, системный ресурс показывает, какая доля кластерного ресурса не принадлежит непосредственно особям и, таким образом, характеризует исключительно системные свойства техноценоза в целом. Соотношение между системным и гауссовым параметрическими ресурсами для каждого из кластеров изменяется во времени, однако, очевидно, что для конкретного техноценоза оно вполне прогнозируемо. Кроме того, доказано, что по этому соотношению можно априорно подбирать наилучший метод прогнозирования изменения параметра в будущем, что существенно повышает эффективность процедуры прогнозирования в целом.

Таким образом, начала термодинамики выступают основой концепции номенклатурно-параметрической оптимизации, критерием которой является полное соответствие видового разнообразия существующей системы видовому разнообразию теоретически идеального распределения, соответствующего закону оптимального построения техноценозов [20].