

### 1.8. Оптимальное управление техноценозом

Примерно со второй половины XX века ученые и практики стали все чаще и чаще замечать, что традиционные методы расчета, проектирования и прогнозирования больших технических систем, основанные на классической математической статистике, далеко не всегда дают корректные результаты. Так, построенное и пущенное в ход промышленное предприятие может потреблять электроэнергию в два и более раз меньше, чем было рассчитано на стадии проектирования. Огромная электростанция десятки лет остается постоянно загруженной лишь на 20 – 30 %, а большой город в зимнюю стужу может в одночасье полностью лишиться теплоснабжения. В чем причина подобных крупных ошибок, приводящих к тяжелым техногенным катастрофам, а также неэффективному расходованию миллиардов долларов (причем не только в России)? Видеть проблему только в нерадивости проектировщиков и управленцев было бы в корне неверным. Причина лежит гораздо глубже. Дело в том, что мы зачастую пытаемся в процессе создания и управления большими техническими системами типа крупное предприятие, район, город, регион применять методологию, которая предназначена исключительно для отдельных технических изделий. А это ошибочно, данные объекты – техноценозы обладают существенной онтологической и гносеологической спецификой [83,86,108,197].

Человек создает техническую реальность, что для большинства из нас очевидно. Однако есть другой, далеко не очевидный вопрос: а управляет ли человек в полном смысле этого слова плодами рук своих? Есть ли на современном промышленном предприятии хоть один менеджер, который честно может ответить на подобный вопрос вполне утвердительно? Скорее всего – нет. Большинство из них, не покрывив душой, скажет, что наоборот, это технические изделия, технологические процессы и окружающая инфраструктура в основном «управляют» людьми, работающими на предприятии. Директора, заместители, руководители цехов и служб зачастую воспринимают происходящие вокруг них процессы как довольно слабо управляемую и трудно прогнозируемую стихию, а важные управленческие решения принимают чисто интуитивно, руководствуясь личным опытом и советами подчиненных. Отсюда масса промахов и ошибок, создающих опасность техногенных катастроф, весьма существенно снижающих эффективность производства и в конечном итоге делающих многие предприятия неконкурентоспособными. Для управления современным промышленным предприятием (регионом, городом, районом, организацией, фирмой) всем руководителям от начальника смены до генерального директора надо овладеть и внедрять новую методологию, основанную на техноценологическом подходе и ранговом анализе. Это позволит корректно в реальном времени обрабатывать поступающую статистическую ин-

формацию, постоянно видеть свое предприятие как целостную систему и быстро принимать адекватные управленческие решения.

Как видим, ключевыми понятиями, вынесенными здесь в заголовок, являются следующие: «оптимизация», «управление» и «техноценоз». Начнем с центрального (во всех смыслах) понятия «управление». В толковых словарях русского языка под управлением, как правило, понимается руководство, направление, распоряжение кем-либо или чем-либо. Там же говорится, что управлять, это значит: 1) пользуясь какими-нибудь приборами и приемами, приводить в движение, направлять ход чего-либо; 2) руководить, распоряжаться деятельностью, направлять работу кого-либо или чего-либо; 3) направлять чьи-нибудь поступки, быть побудительной причиной, руководящим началом чего-либо. Очевидно, что подобные определения нас никоим образом не могут удовлетворить, т.к. не затрагивают главного, а именно не подчеркивают специфики объекта управления. Кроме того, констатировать управление и хорошо управлять – это, как известно, далеко не одно и то же. Дело в том, что управлять можно так, что объект управления будет постепенно деградировать, однако, в соответствии с изложенным выше определением, данный процесс также будет называться управлением (хоть и плохим). В рамках нашего подхода ключевым является понимание того, что реальное управление техноценозом возможно лишь в условиях правильного осмысления объекта управления, а также внедрения корректных методов оптимального управления данным объектом.

Первое, что нужно понять многим нынешним руководителям, так это то, что современный крупный инфраструктурный объект (предприятие, район, город, регион) представляет собой техноценоз – самоэволюционирующую взаимосвязанную слабыми связями особой природы совокупность технических изделий. Во-вторых, техноценозами нельзя управлять теми же методами, которыми управляются технические изделия (какими бы сложными и большими они ни были), отдельные подразделения и человеческие коллективы. С другой стороны, к техноценозам в полной мере не применимы методы макроэкономического планирования и прогнозирования, которые основаны на привнесении в техноценоз внешних целей и ограничений без осуществляемого особыми методами учета его внутренних закономерностей развития. Техноценоз, как специфический большой организм, рождается, развивается и умирает по своим внутренним закономерностям, игнорирование которых приводит к плачевным последствиям. Очевидно, что люди, привнося в процессе управления свои (как им кажется) цели в техноценоз, должны тщательно учитывать эти закономерности. Во всяком случае, смешными видятся руководители, думающие, что техноценозом можно просто командовать, ставя перед ним задачи, основанные только на внешних целях, условиях и ограничениях. Система управления техноценоза (включая генерального и всех других директоров) есть

лишь своего рода канал, по которому осуществляется объективный процесс его обоюдонаправленного взаимодействия с внешним мегаценозом.

Приведем пример. Чиновники, управляющие ТЭК, нам говорят, что электропотребление региона через десять лет возрастет в два с половиной раза (и в связи с этим принимаются серьезные управленческие решения, планируются многомиллиардные затраты). Возникает вопрос, чем обоснована подобная цифра, быть может, она получена в результате глубокой статистической обработки данных по электропотреблению объектов региона за прошедшие 10 – 15 лет и последующей реализации современных математических процедур прогнозирования. Ничего подобного, как оказывается, в соответствующих подразделениях региона эти данные если и есть, то, дай бог, всего лет за пять, а каким-либо способом их обрабатывать вообще никто и не помышляет. А двух с половиной кратный рост получен следующим образом. Президент сказал, что через десять лет ВВП должен вырасти в два раза, а это означает, что промышленность отдельно взятого региона тоже должна вырасти в два раза. Как следствие – электропотребление предприятий тоже должно вырасти именно в два раза. Кроме того, губернатор, со своей стороны, добавил, что население региона за обозначенный срок должно вырасти в пять раз (не понятно почему). Полученную численность сильно расплодившегося населения региона умножаем на среднее электропотребление одного жителя и легко вычисляем суммарное электропотребление сферы ЖКХ. Еще несколько несложных расчетов на карманном калькуляторе (причем даже не инженерном, а простом, которым пользуются бабушки, торгующие на рынке солеными огурцами) и получаем цифру электропотребления региона через десять лет.

По правде говоря, встречается и другая крайность, когда, например, электропотребление будущего завода в процессе проектирования особо ретивые и трудолюбивые инженеры пытаются подсчитать, фактически моделируя работу каждого отдельного станка и агрегата. При этом напрочь игнорируются хорошо известные техноценологические свойства, которыми будет обладать любое построенное предприятие. Совершенно очевидно, что подобные расчеты не имеют никакой практической ценности, т.к. ошибка вполне может составить сто – двести и более процентов.

В чем же причина? Как представляется, здесь будет уместна аналогия с законом Ома. Предположим, что нам необходимо определить силу тока в однородном металлическом проводнике. Можно, конечно, на партийном съезде принять высочайшее постановление, гласящее, что, исходя из решений президента или губернатора, сила тока в проводнике должна быть столько-то Ампер. С другой стороны, можно, используя систему уравнений Максвелла, смоделировать движение в толще проводника каждого отдельного электрона и тоже получить соответствующую силу тока. Очевидно, что как в первом, так и во втором случае мы получим значение, отличающееся от экспериментального, по-видимому, в разы. При этом лю-

бой ученик старшего класса школы, используя нехитрую формулу закона Ома (сила тока в проводнике прямо пропорциональна напряжению на его выводах и обратно пропорциональна сопротивлению), за считанные секунды рассчитает силу тока, которая, скорее всего, будет с точностью до второго знака после запятой совпадать с экспериментальным значением. Таким образом, силу тока в проводнике нужно определять на основе известных экспериментально проверенных закономерностей, а не строить нелепые имитационные модели и, уж ни в коем случае, не привносить директивно из каких-либо внешних независимых условий.

Итак, рассмотрим методологию, которую необходимо применять в процессе управления техноценозом. К настоящему времени на примере тысяч выборок из разных областей человеческой деятельности показано, что техноценозы обладают ярко выраженными специфическими свойствами, которые, прежде всего, заключаются в следующем [75-119,196-214]: во-первых, взаимосвязанность – отдельные объекты техноценоза статистически значимо связаны в единую систему, однако тип связей в данном случае особый – это так называемые «слабые» связи, не сводимые к законам «Ньютона – Ома – Кирхгофа – Гука»; во-вторых, негауссовость – статистические выборки параметров особей (объектов) обладают цифровыми свойствами (зависимость среднего и дисперсии от объема выборки существенна), т.е. не выполняется закон больших чисел, гласящий, что среднее статистическое значение должно сходиться по вероятности к математическому ожиданию. Это говорит о том, что, прежде чем приступить к управлению инфраструктурным объектом, надо выяснить, а является ли он техноценозом и, как следствие, вообще можно ли к нему применять техноценологическую методологию. Здесь следует заметить, что если статистическая обработка параметрических рядов оборудования, установленного на современном предприятии (крупной фирме, организации, районе, городе, регионе) не подтвердила выполнение условий взаимосвязанности и негауссовости, то, скорее всего, мы имеем дело с ошибками, допущенными при выделении и классификации техноценоза. Причем ошибки бывают двух сортов: с одной стороны, объект, которому мы пытаемся приписывать свойства техноценоза, таковым не является (а это отдельное техническое изделие или пространственно-технологический кластер), с другой стороны, объект может и быть техноценозом, но параметрические базы данных, описывающие его, по каким-либо причинам не вполне корректны.

Как видим, правильная классификация – необходимое условие, залог успеха. Техноценоз в конечном итоге всегда состоит из технических изделий, объединенных в пространственно-технологические кластеры. Пространственно-технологический кластер – объект, подсистема техноценоза, взаимосвязанная, ограниченная и обладающая целостностью с точки зрения общности управления, технологии, территории, потребления ресурсов (город в стране, предприятие в регионе, школа или больница в городе,

подразделение в организации, цех на заводе, магазин в торговой сети, батальон или рота в группировке войск и т.д.). Следует учитывать, что введение понятия пространственно-технологического кластера есть мера вынужденная, обусловленная невозможностью фиксировать функциональные параметры отдельных технических изделий, а также отсутствием у них системы управления, на которую можно было бы воздействовать в процессе оптимального управления техноценозом [83,86,108].

Специфика техноценоза определяет методологическую специфику его оптимизации. Дело в том, что применение данного понятия к техноценозам в том же смысле, с которым мы его применяем к отдельным изделиям или пространственно-технологическим кластерам, недопустимо. Техноценозом можно лишь оптимально управлять, причем этап проектирования также подпадает под один из циклов управления. Надо понимать, что в этом смысле предлагаемая концепция не отрицает другие методы управления, а лишь дополняет их. Таким образом, в техноценозе одновременно должны реализовываться методы управления двух уровней: 1) функциональное управление техническими изделиями в составе пространственно-технологических кластеров; 2) оптимальное управление техноценозом в целом. Безусловно, должно учитываться и влияние внешних систем, а также инфраструктуры, однако делаться это должно путем введения управляющих воздействий и стохастических обратных связей в рамках техноценологической методологии оптимального управления.

Суть оптимального управления техноценозом (речь идет о втором уровне) в значительной степени сводится к управлению процессом потребления ресурсов с целью получения максимального положительного эффекта при минимальных затратах на всестороннее обеспечение. В словарях под ресурсами, как правило, понимают денежные средства, ценности, запасы, возможности, источники средств, доходов. Очевидно, что для нас подобное определение неприемлемо. В дальнейшем будем исходить из того, что ресурс – это вовлеченное в технологический процесс материальное средство (первичный элемент технической реальности), являющееся энергетическим или вещественным исходным продуктом для производства технических изделий (непосредственно либо опосредованно через оказание услуг), стандартизированное и измеряемое в физических единицах (кВт·ч, Гкал, куб. м, т у.т. и др.). Ключевым здесь является то, что любой ресурс имеет эквивалент, соответствующий энергии (измеряемой в Дж), необходимой для его выработки или производства. Кроме того, в процессе оптимального управления техноценозом показатели потребления ресурсов объектами (реже – особями) выступают в качестве функциональных параметров, по которым строятся ранговые распределения [83,86,108].

Отдельные процедуры оптимального управления техноценозом на определенных этапах общего алгоритма направлены на изменение номенклатуры функционирующих технических изделий. По сути, здесь мы име-

ем дело с формированием научно-технической политики, направленной на модернизацию пространственно-технологических кластеров. Реализация данной политики осуществляется путем выработки системы технических требований к основным видообразующим параметрам приобретаемой техники, а также ограничений по ее численности в техноценозе. Закон оптимального построения техноценозов позволяет увязать в одной системе координат ранговые видовые и ранговые параметрические распределения, построенные по видообразующим параметрам [83,86,108]. Это, в свою очередь, позволяет, задавшись ограничениями по численности, определить целесообразные параметры образцов техники и наоборот, имея четко оговоренные параметры, дать рекомендации по их численности. Опыт показывает, что первый вариант реализации методологии характерен для массовых, унифицированных, дешевых (саранчовых) образцов, а второй – для редких, дорогих (ноевых). Данная процедура оптимального управления техноценозом называется параметрическим нормированием.

Особым образом следует оговорить основной математический инструмент оптимального управления техноценозом – ранговое распределение, под которым понимается полученное в результате процедуры ранжирования видов или особей техноценоза по какому-либо параметру распределение Ципфа в ранговой дифференциальной форме, по сути являющееся невозрастающей последовательностью значений самих параметров, поставленных в соответствие рангу. Различают ранговые распределения, в которых ранжируются: виды по количеству особей, которым они представлены в техноценозе (ранговые видовые); особи по значению видообразующего параметра (ранговые параметрические); особи по значению параметра, характеризующего процесс их функционирования (ранговые функциональные) [83,86,108]. Как видим, в процессе описания техноценоза следует учитывать принципиальную разницу между видообразующими и функциональными параметрами. Видообразующие параметры, которые обычно указывают в перечне номинальных данных и называют классификационными параметрами назначения (номинальные мощность, напряжение, частота, скорость и т.п.), предназначены для параметрического описания видов техники. Они не характеризуют процесс функционирования технических изделий и не могут служить основой для формирования интегральных показателей качества, а лишь вместе с марками, типоразмерами, модификациями комплектующих частей помогают отграничить виды друг от друга. Напротив, функциональные параметры (расход топлива, трудоемкость ремонта, потребление электроэнергии, тепла, воды и др.) характеризуют процесс функционирования технических изделий и являются основой для построения интегральных показателей качества и затрат.

Здесь надо добавить, что смысл оптимизации в техноценозе, как правило, сводится к минимизации именно функциональных параметров (то есть – ресурсосбережению) до значений, обеспечивающих нормальный

процесс функционирования объектов с учетом современного уровня технических изделий и технологических процессов в техноценозе. Возможны два варианта ограничений, когда в качестве нижней границы рассматривается уровень развития самого техноценоза либо в нынешних условиях, либо после предстоящей модернизации, а возможен и более прогрессивный вариант, когда рассматривается мировой уровень технических достижений. Минимизация функциональных параметров является целью оптимизационного процесса, однако, как мы увидим, в качестве методов его реализации выступают номенклатурная и параметрическая оптимизация.

Вернемся к ранговому функциональному распределению и отметим его чрезвычайно важную особенность. Дело в том, что оно может строиться как для отдельных особей техноценоза, так и для его объектов (пространственно-технологических кластеров). Очевидно, что во втором случае должны ранжироваться кумулятивные параметры, полученные для отдельных объектов. При этом математическая суть, а также порядок построения и последующей аппроксимации распределения не меняются. Как показывает опыт, именно второй вариант рангового функционального распределения является реально применимым. Дело в том, что на практике почти никогда не удается получить корректные данные по результатам функционирования отдельных особей техноценоза. Учет всегда ведется по объектам. Характерным примером здесь является параметр электропотребления (в кВт·ч за временной интервал). Теоретически, конечно, можно вести речь о ранговом функциональном распределении, построенном по электропотреблению для каждого отдельного электроприемника завода (двигателя, печи, лампочки, чайника и т.д.). Однако любой энергетик скажет, что это с практической точки зрения бессмысленно, т.к. на отдельных электроприемниках нет счетчиков электроэнергии, а учет ведется по цехам и подразделениям завода (объектам, пространственно-технологическим кластерам). Более того, как показано в ряде работ [83,86,108], одним из главных критериев деления техноценоза на объекты как раз и является наличие корректного учета основных функциональных параметров.

Суть предлагаемой концепции состоит в том, что оптимальное управление техноценозом должно осуществляться в два этапа. На первом 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. Методология оптимизации техноценоза по функциональным параметрам включает четыре процедуры: прогнозирование, интервальное оценивание, нормирование и потенцирование ресурсопотребления. Необходимо отметить, что теоретически в нашем распоря-

жении наличествует бесконечное количество функциональных параметров, поэтому оптимизировать техноценоз следует по основным из них.

Когда будет исчерпана оптимизация по функциональным параметрам, на втором этапе общего алгоритма приступают к структурным преобразованиям техноценоза (номенклатурной оптимизации). Момент перехода от первого ко второму этапу определяется по результатам стержневой процедуры первого этапа – интервальному оцениванию. После того, как в результате многократной цикличной реализации перечисленных четырех 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.

Учитывая важность, остановимся на процедуре интервального оценивания, которая позволяет выявить объекты техноценоза, «аномально» потребляющие ресурсы на данном временном интервале. Суть процедуры заключается в том, что совместно с ранговым параметрическим распределением по интересующему нас функциональному параметру строится переменный доверительный интервал, который определяет своего рода «допустимое физическое поле» ресурсопотребления. То есть, если значение ресурсопотребления данного объекта попадает в доверительный интервал, это означает, что объект в условиях нынешнего состояния техноценоза функционирует нормально. Допустимый разброс параметра определяется вариацией температурных (и других погодных) условий, гауссовым разбросом показателей установленного оборудования, трудноучитываемыми особенностями технологического процесса и некоторыми другими объективными факторами. Если же ресурсопотребление выходит за границы переменного доверительного интервала, то это означает, что в системе управления самого объекта либо во внешней системе управления имеет место организационный фактор, дестабилизирующий нормальный процесс его функционирования. Именно на устранение этого фактора в первую очередь и должны быть направлены меры по ресурсосбережению.

Здесь можно привести аналогию со стрелком. Известно, что если стрелок ведет огонь по мишени, то в обычных условиях разброс стрельбы будет описываться нормальным законом. Если же кто-то посторонний во время стрельбы будет постоянно толкать стрелка в бок, то вся его стрельба уйдет в сторону за пределы нормального разброса. Очевидно, что до устранения данного деструктивного фактора, ни о какой нормальной стрельбе речь идти не может (причем независимо от уровня мастерства стрелка). С другой стороны, как скажет любой тренер, устранение подобного фактора представляет собой первоочередную легкую и быстро реализуемую процедуру в процессе улучшения показателей стрельбы.

Основным содержанием второго этапа оптимального управления техноценозом является номенклатурная оптимизация, которая реализуется

преимущественно методами параметрического нормирования по видообразующим параметрам. В итоге формируется видовое разнообразие техноценоза, соответствующее каноническому гиперболическому распределению [86,108,197]. 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 инфраструктуры) динамично развивающийся техноценоз к более стабильному состоянию.

Дадим определения, подчеркивающие техноценологическую (ТЦ) специфику методологии [83,86,108]. Оптимальное управление техноценозом (ТЦ-оптимизация) представляет собой обязательное для исполнения организационно-техническое воздействие на объекты техноценоза посредством взаимосвязанных процедур рангового анализа: параметрического нормирования, интервального оценивания, прогнозирования, нормирования и потенцирования потребления ресурсов с учетом ТЦ-критерия.

ТЦ-критерий – реализуемая в рамках ТЦ-алгоритма минимизация потребления техноценозом основных ресурсов при условии сохранения ключевых функционально-технических показателей на уровне, не ниже требуемого (в данном случае мы имеем дело с практической реализацией уравнений закона оптимального построения техноценозов [86,108]).

ТЦ-алгоритм – целенаправленная взаимосвязанная система процедур оптимального управления, осуществляемая ТЦ-методами в форме циклической многолетней научно-технической политики.

ТЦ-метод – способ достижения цели, основанный на теории безгранично делимых гиперболических распределений и представлении об оптимальном состоянии техноценоза, соответствующем закону оптимального построения техноценозов, максимизирующем энтропию системы и приводящем форму рангового распределения к канонической [83,86,108].

Итак, краеугольным камнем нашей методологии является понятие канонической формы рангового распределения. Как показано в [197], существуют количественные гиперболические ограничения на разнообразие видов установленного оборудования по повторяемости и на соотношение «крупное – среднее – мелкое» по выделенному функциональному параметру. Данные ограничения в итоге выливаются в теоретически обоснованные и экспериментально проверенные требования к форме соответствующих гиперболических распределений, которые математически описываются законом оптимального построения техноценозов [86,108].

Закон гласит, что оптимальным является техноценоз, в котором имеется такой набор технических изделий-особей, который, с одной стороны, по своим совокупным функциональным показателям обеспечивает выпол-

нение поставленных задач, а с другой – при максимальном видовом разнообразии характеризуется максимальной энтропией, т.е. суммарные энергетические ресурсы, воплощенные в технические изделия при их изготовлении, распределены равномерно по всем популяциям видов техники. В случае применения закон определяет ограничивающие требования к параметрам формы ранговых распределений. Имеются уравнения, алгоритмы и апробированные вычислительные процедуры, объединенные в систему рангового анализа и позволяющие эффективно применять закон оптимального построения на практике для управления техноценозами.

Рассмотрим определения рангового анализа и его основных прикладных процедур. Ранговый анализ – метод исследования техноценозов, имеющий целью их статистический анализ, а также оптимизацию, и полагающий в качестве основного критерия форму видовых и ранговых распределений. Включает стандартные процедуры параметрического нормирования, интервального оценивания, прогнозирования, нормирования и потенцирования потребления ресурсов. Более тонкий анализ ранговых параметрических распределений по функциональным параметрам позволяет существенно повысить эффективность рангового анализа. Он осуществляется в рамках следующих (так называемых «тонких») процедур: дифлекс-анализа (на этапе интервального оценивания), GZ-анализа (на этапе прогнозирования), ASR-анализа (на этапе нормирования потребления ресурсов) и ZP-анализа (на этапе потенцирования) [83,86,108].

Параметрическое нормирование – процедура оптимального управления номенклатурой техноценоза, заключающаяся в установлении фундаментальной связи между ранговым видовым и ранговыми параметрическими распределениями, что позволяет формировать систему ограничивающих требований к основным параметрам и численности видов техники, нацеленную на стабильное развитие техноценоза. Суть параметрического нормирования заключается в том, что в совмещенной системе координат строятся ранговое видовое и ранговые параметрические распределения, а также график, связывающий видовой и параметрический ранги техноценоза [83,86,108]. Полученная номограмма позволяет, задавшись требованиями по численности вида в техноценозе, определить целесообразные значения его видообразующих параметров, либо наоборот, зная параметры, формулировать рекомендации по мощности популяции данного вида.

Интервальное оценивание – процедура оптимального управления ресурсами техноценоза, заключающаяся в определении точек эмпирического рангового параметрического распределения по исследуемому функциональному параметру, выходящих за пределы гауссового переменного доверительного интервала, построенного относительно аппроксимационной кривой распределения. Точки, выходящие за пределы доверительного интервала, фиксируют объекты техноценоза, аномально потребляющие ресурс. При этом если точка находится ниже доверительного интервала, то

считается, что объект потребляет ресурсы аномально мало, а если выше интервала, – то аномально много. В обоих случаях объект нуждается в углубленном обследовании с целью выявления причин его аномального состояния. Для более тонкой настройки процедур управления ресурсопотреблением на этапе интервального оценивания проводится дифлекс-анализ (Deflexion analysis) рангового распределения [83,86,108]. Его целью является разработка оптимального плана углубленных обследований «аномальных» объектов на среднесрочную перспективу (5 – 7 лет). При этом предполагается, что основным индикатором дифлекс-анализа является отклонение эмпирического значения ресурсопотребления «аномального» объекта от верхней границы переменного доверительного интервала.

Прогнозирование – процедура оптимального управления ресурсами техноценоза, заключающаяся в определении вероятных значений функциональных параметров в обозримом будущем. Применительно к объектам техноценоза может осуществляться G-методами (основанными на гауссовой математической статистике), Z-методами (основанными на ципфовой математической статистике) и синтетическими GZ-методами, сочетающими достоинства тех и других методов. GZ-прогнозирование предполагает выполнение предварительной процедуры верификации, реализуемой методами GZ-анализа техноценоза (Gauss-Zipf analysis) [83,86,108], в основе которого лежит процедура оценки системного параметрического ресурса кластеров объектов с помощью коэффициента когерентности объектов. Прогнозирование может выполняться на основе статической модели, отражающей процесс потребления ресурса техноценозом на год вперед. Динамическое стохастическое моделирование, учитывающее вероятные изменения в исходных данных, позволяет осуществлять прогноз потребления ресурса техноценозом на среднесрочную перспективу (5 – 7 лет).

Нормирование потребления ресурсов – процедура оптимального управления ресурсами техноценоза, заключающаяся в определении статистических параметров (прежде всего эмпирического среднего и стандарта) кластеров техноценоза, выделенных на ранговом параметрическом распределении по исследуемому функциональному параметру. Кластеризация объектов техноценоза осуществляется методами автоматической классификации или главных компонент и позволяет выделить группы объектов, которые на определенном временном интервале потребляют ресурс сходным образом. Нормирование в сочетании с прогнозированием позволяет предъявлять объектам научно обоснованные нормы расходования ресурсов. Классические процедуры кластер-анализа, будучи применены в рамках нормирования объектов техноценоза, усредняют анализируемый параметр в пределах кластера на основе гауссовой математической статистики и тем самым не учитывают системный ресурс параметрического кластера техноценоза. Устраняется данный недостаток в рамках процедуры ASR-анализа (Adding System Resource analysis), являющейся тонким дополнени-

ем к нормированию [83,86,108]. Реализация процедуры ASR-анализа заключается в добавлении к прогнозируемому среднему нормы потребления ресурса объекта соответствующей его рангу ASR-нормы.

Одной из ключевых процедур оптимального управления техноценозом является процедура потенцирования. Она заключается в определении потенциала ресурсосбережения, на величину которого на данном временном интервале может быть сокращено ресурсопотребление техноценоза без ущерба его нормальному функционированию. Потенциал ресурсосбережения – полученная на расчетную глубину времени абсолютная разница между ресурсопотреблением техноценоза без реализации ресурсосберегающих процедур, с одной стороны, и ресурсопотреблением, соответствующим нижней границе переменного доверительного интервала, с другой.

Тонким дополнением к стандартной процедуре потенцирования является ZP-анализ, под которым понимается осуществляемая на этапе потенцирования тонкая процедура оптимального управления ресурсопотреблением, имеющая целью разработку ZP-плана ресурсопотребления техноценоза и состоящая из этапов ZP-нормирования, ZP-планирования, а также мониторинга конверсии [83,86,108]. В основе ZP-анализа лежит методика оценки Z-потенциала, обладающего трехуровневой структурой. Первый уровень – Z1-потенциал – когда в качестве конечного рассматривается ранговое параметрическое распределение, соответствующее нижней границе переменного доверительного интервала, полученного в процедуре интервального оценивания. Второй уровень – Z2-потенциал – когда в качестве конечного рассматривается ранговое параметрическое распределение, соответствующее нижней границе переменного доверительного интервала, полученного в процедуре интервального оценивания после осуществления ZP-нормирования. Третий уровень – Z3-потенциал – когда в качестве конечного рассматривается ранговое параметрическое распределение, соответствующее нижней границе переменного доверительного интервала, полученного в процедуре интервального оценивания после осуществления ZP-нормирования, однако, при этом, пересчет электропотребления внутри функциональных групп производится на основе лучших мировых показателей (а не лучших внутригрупповых) [83,86,105,106,108,109].

ZP-нормирование – процедура ZP-анализа ресурсопотребления, заключающаяся в пересчете ресурсопотребления объектов внутри функциональных групп техноценоза на основе существующих графиков функционирования и лучших внутригрупповых (или мировых) показателей ресурсопотребления. ZP-планирование – процедура ZP-анализа ресурсопотребления, заключающаяся в разработке ZP-плана и предусматривающая для каждого объекта техноценоза на каждом временном интервале индивидуальные управляющие воздействия, направленные на ресурсосбережение и поставленные в зависимость от дифлекс-параметров. ZP-план – документ, разрабатываемый по результатам ZP-планирования для каждого объекта на

расчетный промежуток времени и предполагающий, что ресурсопотребление техноценоза в целом должно в течение двух этапов понизиться на величину, соответствующую, сначала,  $Z_1$ -, а затем –  $Z_2$ -потенциалу.

Алгоритм реализации методологии оптимального управления техноценозом включает два уровня. На первом осуществляется импорт из базы данных, сортировка, верификация и визуализация информации. Затем производится интервальное оценивание данных с целью выявления «аномальных» объектов. Если таковые не выявлены, то дальше осуществляется реализация технических мер по ресурсосбережению с учетом рекомендаций, полученных с помощью процедуры параметрического нормирования, и корректирование базы данных на новом временном интервале. Если же «аномальные» объекты будут зафиксированы, то на втором уровне алгоритма выполняются процедуры прогнозирования, нормирования и потенцирования потребления ресурсов. Далее база данных корректируется, и расчеты повторяются, составляя часть постоянного мониторинга.

Учитывая двухуровневую структуру алгоритма, оптимизация техноценоза должна осуществляться также на двух методологических уровнях. Первый – уровень отдельных технических изделий, предполагающий внедрение эффективных решений, направленных на ресурсосбережение в рамках конкретных технологических процессов. Второй – уровень управления инфраструктурой техноценоза организационными методами с целью снижения ресурсопотребления до минимального уровня, обеспечивающего нормальное функционирование объектов. Собственно говоря, в данном случае мы имеем дело с двумя принципиально разными оптимизационными процедурами. Процедуры первого уровня связаны с моделированием процесса ресурсопотребления имитационными методами [43,77].

Оптимизация техноценоза организационными методами (второй методологический уровень) может осуществляться исключительно в границах текущего переменного доверительного интервала, описываемого законом оптимального построения техноценозов. Следовательно оптимум будет достигаться при таких значениях параметров управляющего воздействия, направленного на ресурсосбережение, которые формально обеспечат суммарное ресурсопотребление техноценоза, соответствующее нижней границе переменного доверительного интервала. В данном случае смысл оптимизации заключается не в поиске оптимального значения целевой функции в области варьирования параметров (как это делается на первом уровне), а в определении оптимальной стратегии изменения параметров, которая минимизирует издержки оптимального управления на пути движения техноценоза к состоянию, обеспечивающему оптимум ресурсопотребления на нижней границе переменного доверительного интервала. Подобная задача может быть квалифицирована как шаговая задача динамического программирования и решена вариационными методами с использованием принципа оптимальности Беллмана (подробнее – см. [83,86,108]).

Особым образом здесь следует оговорить методологию учета, так называемых, внешних факторов в процессе оптимального управления техноценозом. Ключевым является то, что описанная выше методология оптимального управления закладывается в основу динамической стохастической модели, отражающей процесс функционирования техноценоза на среднесрочную перспективу (5 – 7 лет). При этом основной целью моделирования является корректное отражение процесса функционирования объектов техноценоза в обозримом будущем в условиях вероятных изменений технологии, инфраструктуры, а также потребления ключевых ресурсов. Учет факторов осуществляется, во-первых, введением в алгоритм модели управляющих воздействий, во-вторых, реализацией стохастических обратных связей, в-третьих, разработкой одновременно нескольких вероятных вариантов развития техноценоза, наконец, в-четвертых, непрерывным мониторингом адекватности результатов моделирования [83,86,108].

Следует, однако, иметь ввиду, что рассматриваемая динамическая модель позволяет корректно отражать процесс функционирования техноценоза лишь на так называемом инерционном (или межбифуркационном) этапе развития. Моделирование поведения техноценоза в особые периоды бифуркаций может осуществляться синергетическими методами. При этом возникает необходимость строгого определения, что мы понимаем под инерционным этапом развития техноценоза, а также что вкладываем в понятие бифуркации. Итак, в методике рассматривается инерционный (межбифуркационный) этап развития, под которым понимается промежуток времени, на котором параметры функционирования техноценоза в основном определяются временным рядом данных параметров в прошлом. Бифуркация – особый момент, точка на траектории развития техноценоза, в которой устойчивое развитие сменяется неустойчивым состоянием. Вместо одной траектории возникает два или несколько новых путей возможного устойчивого развития. Выбор между нами определяется малыми воздействиями со стороны систем управления как самого техноценоза, так и внешних. После осуществления выбора механизмы саморегулирования поддерживают систему на одной траектории. В качестве критерия фиксации техноценоза на инерционном этапе развития предлагается следующий. Если временной ряд исследуемого параметра удовлетворяет требованиям гауссовости (точнее – выборка параметров, характеризующих процесс функционирования техноценоза, удовлетворяет условиям центральной предельной теоремы и закона больших чисел), то с принятой достоверностью можно считать, что техноценоз (по данному параметру) находится на инерционном этапе развития. Как видим, инерционность в данном случае рассматривается по одному конкретному параметру (в узком смысле). И то, что техноценоз фиксируется на инерционном этапе развития по данному параметру вовсе не гарантирует, что он находится на инерционном этапе и по другим параметрам. Логично предположить, что если техноценоз

находится на инерционном этапе развития по всем основным функциональным параметрам, то это позволяет заключить, что он в целом находится на межбифуркационном этапе развития (в широком смысле) [86,108].

Эффективность процесса управления техноценозом по результатам моделирования может быть оценена сопоставлением двух интегральных показателей, один из которых характеризует качество (получаемый положительный эффект), а второй – затраты. Интегральный показатель качества рассчитывается как относительный потенциал ресурсосбережения. Интегральный показатель затрат определяется как относительная разница интегрированных ранговых параметрических распределений, полученных, соответственно, до и после внедрения оптимизирующих процедур. Под потенциалом ресурсосбережения понимается полученная в результате моделирования на расчетную глубину времени абсолютная разница между ресурсопотреблением техноценоза без реализации ресурсосберегающих процедур, с одной стороны, и ресурсопотреблением, соответствующим верхней границе переменного доверительного интервала, с другой стороны. Следует понимать принципиальную разницу в применении понятия «потенциал ресурсосбережения» к техноценозу, с одной стороны, и отдельному изделию или объекту, с другой. Очевидно, что критерием эффективности техноценологического типа (ТЦ-критерием) является максимизация интегрального показателя эффективности [83,86,108].

Таким образом, под техникой понимается целостность, включающая исходные продукты, здания и сооружения, технические изделия, технические объекты, отходы производства. Однако, решая задачу онтологического осмысления техники, нельзя оставаться в рамках собственно этого понятия, а надо говорить о технической реальности, стоящей в ряду «неживая – биологическая – техническая – гипертехническая». Подобное фундаментальное толкование технической реальности позволяет разрабатывать специфическую методологию, основанную на восходящем к началам термодинамики законе оптимального построения техноценозов. Системной формой организации технической реальности выступают техноценозы, онтологическая сущность которых заключается в наличии между техническими изделиями взаимосвязи, реализующей информационный отбор и тем самым создающей побудительные предпосылки к творческому преобразованию реальностей. Для эффективного управления современным техноценозом всем руководителям от начальника смены до генерального директора надо овладеть и внедрять новую методологию, основанную на техноценологическом подходе и ранговом анализе. Это позволит корректно в реальном масштабе времени обрабатывать поступающую информацию, постоянно видеть свой техноценоз как целостную систему и быстро принимать адекватные управленческие решения. И в последующих главах мы перейдем к рассмотрению собственно рангового анализа.

[\[На следующую страницу\]](#)