

УЧЕТ СИСТЕМНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В ИНЖЕНЕРНОМ МЫШЛЕНИИ И ПРОЕКТИРОВАНИИ

Исследуются возможности применения системно – организационных законов оптимизации к проблемам создания эффективной, конкурентноспособной техники.

Ключевые слова: системность, оптимизация, техноэволюция, инженерное мышление, технико – технологические комплексы нового поколения.

На современном этапе общественного развития назрела необходимость системной координации процессов техноэволюции. Все более остро ощущается актуальность системного подхода к созданию технико – технологических комплексов новых поколений. Потребности модернизации технической базы производства инициируют переосмысление накопленного технико – инженерного знания с системных позиций. В перспективе такое переосмысление будет содействовать укоренению системных представлений в технических науках и инженерном мышлении.

На пути к этой перспективе исследователями многообразных проблем технической реальности и инженерии, методологами проектной, конструкторской, изобретательской деятельности уже сделано немало плодотворных шагов. К наиболее значительным достижениям отечественной инженерной мысли в направлениях системной теоретизации и конструктивизации технического знания можно отнести теорию изобретательства (ТРИЗ) выдающегося инженера и методолога Г.С. Альтшулера [2,3,4], теоретический анализ закономерностей перехода к технолого – экономическим метасистемам новых поколений В.С. Мучника [20,21,22], теоретизацию представлений о техноценозах и техноэволюции в работах Б.И. Кудрина [14,15,16,17], развитие В.А. Панфиловым системных представлений в теории технологического потока [23,24], системную концепцию эволюционного синтеза антропогенных (социотехнических) объектов Е.П. Балашова [5] и др.

Большинство авторов монографий, статей, учебных пособий, осознающих потребность в системном подходе к познанию и проектированию современной техники, развивают свои методологические представления в техноинженерных концептах различного уровня общности. Наряду с анализом специфических системных закономерностей техники, в этих работах в ряде случаев просматриваются попытки осмысления технической реальности и с учетом закономерностей общесистемного уровня. Однако происходит это стихийно и фрагментарно из-за отсутствия развитой теоретико – системной базы для подобных исследований. Формирование такой базы в ряде наших работ [8, 9] создает основу для ее систематического применения в теории и методологии инженерных исследований и проектирования. Цель настоящей статьи – наметить ключевые аспекты обогащения методологического инструментария современной инженерии системно – диалектическими конструктами.

Исходным пунктом кристаллизации системного аппарата инженерного поиска является акцентирование того обстоятельства, что при достигнутом уровне сложности современных технических комплексов все более существенное влияние на их функционирование и развитие оказывают **общесистемные закономерности**. Возрастающая роль системно- динамических, сложностных факторов детерминации качества современной техники предполагает переход от традиционных, структуроцентрических версий восприятия технической реальности к развитым системно - диалектическим представлениям, отображающим закономерности взаимодействия структуры, динамики и организации сложного технического объекта в их единстве и развитии. Смысловым ядром данной концепции является понимание системы как организованного целого, функционирование и развитие которого обусловлено необходимостью разрешения актуальных противоречий (проблем) в заданных условиях среды. Данное

определение задает координаты конструктивного понимания системности, согласно которому исходным системоконституирующим началом являются не структуры (схемы связей, типы взаимодействий и т.п.), а именно характер актуальных противоречий (проблем), которые инициируют формообразование и динамику объекта. При этом типы структур, способы действия, формы взаимодействия со средой и другие системные характеристики определяются логикой разрешения актуальных проблем, которые носят в системном исследовании детерминирующий характер и определяют все другие системные параметры. Исходя из этих системно – диалектических позиций, рассмотрим возможности применения ряда ключевых общесистемных принципов и закономерностей к исследованию, проектированию и оптимизации сложных технико – инженерных комплексов.

Фокусированность действий технического объекта на разрешение актуальных противоречий. Принцип фокусированного действия является главным системно - диалектическим конструктом, характеризующим организационный механизм системодействия. Суть этого принципа в том, что для разрешения актуальных противоречий (проблем) система действует подобно фокусирующей линзе: сосредоточивает потенциал своих компонентов, связей, действий, ресурсов – на достижение функциональных результатов, разрешающих эти противоречия. Чем выше сфокусированность параметров системы на достижение функциональных результатов, тем значительнее эффект ее действия, тем полнее разрешаются ее актуальные проблемы. Хорошая организация системы отличается от плохой прежде всего более высокой степенью сфокусированности системных параметров (целей, структур, способов действий, форм управления и др.) на достижение функциональных результатов [8,9]. Тем самым критерий фокусированного действия задает основополагающий ракурс рассмотрения системных явлений [29]. Применение этого критерия к анализу технических объектов рассмотрим на двух уровнях, актуальных для оценки их системодействия: а) в масштабе единичного технического объекта; б) в масштабе народнохозяйственного применения техники.

При анализе технического объекта в масштабе единичного применения критерий фокусированного действия может быть использован как для оптимизации существующей конструктивно – технологической схемы объекта, так и для поиска принципиально новых схем и решений, обеспечивающих более эффективные формы фокусированного действия. Вторым вариантом ориентирует конструктора на выход за рамки устоявшихся схем, на поиск альтернативных реализаций объекта.

Оптимизация объекта в рамках существующей конструктивной схемы заключается в поиске резервов сосредоточения его свойств, конструктивных характеристик, технологических способов действия, средств управления, способов взаимодействия со средой – на реализацию функций данного объекта. Актуальность исследования технических объектов с точки зрения полноты и точности сосредоточения функций инициировала возникновение особой прикладной инженерно – экономической технологии - функционально – стоимостного анализа (ФСА) [10]. Суть ФСА – в функциональном анализе деталей объекта с точки зрения соответствия – несоответствия их свойств функциональному назначению, поиска и устранения дисфункциональных свойств и эффектов, изыскания многофункциональных конструктивных решений, предотвращения излишней избыточности, актуализации латентных свойств и т.п. Опыт применения ФСА показал его значимость как инструмента упрощения и функционализации конструктивных решений, экономии ресурсов, расширения диапазона функциональных качеств машин, конструктивных узлов и деталей.

С позиций системно – диалектического подхода технология ФСА, акцентирующая внимание на функциональных инструментах фокусирования свойств технических объектов, может быть дополнена. Имеются в виду возможности наращивания фокусированности действий в ракурсе других системных параметров. К примеру, при анализе конструктивно - технологической схемы объекта имеет смысл обратить внимание на *наличие у него наряду с явной, целенаправленно спроектированной структурой также и многообразных латентных структур*, образуемых сопряжениями и неучтенными взаимодействиями подсистем, коммуникационными сетями, вспомогательной арматурой, неучтенными воздействия-

ми внутренней и внешней среды и т.п. Наличие незапрограммированных, «латентных» структур и эффектов связано с действием *диалектического закона отчуждения*, присущего любой человеческой деятельности, в том числе и проектной. Суть данного закона в том, что любая целесообразная деятельность порождает наряду с ожидаемым целевым результатом также и побочные результаты, которые могут оказаться нежелательными, противоречащими конструктивному замыслу.

Латентные структуры могут порождать в процессе функционирования неучтенные напряжения, колебания, коррозионные, габаритные, акустические и другие эффекты, способные достигать опасных значений в критических режимах работы комплекса. Так, например, в развитии авиации на рубеже предзвуковых скоростей авиаконструкторы столкнулись с грозным явлением флаттера, т.е. внезапно разрастающихся автоколебательных деформаций, вызывавших разрушения летательных аппаратов. Уже в ходе массовой эксплуатации реактивного пассажирского лайнера ТУ-104 неучтенные и не выявленные при летных испытаниях латентные дисбалансы стали причиной ряда катастроф. Эффект «расширения» скаффандра в космическом вакууме, не учтенный конструкторами, едва не стоил жизни космонавту А. Леонову, резко затруднив его возвращение в космический корабль после выхода в открытый космос и т.п. В условиях неизбежного присутствия латентных структур в сложных технических объектах, обеспечение функциональной фокусированности данных объектов требует *учета и исследовательской систематизации многообразия латентных эффектов, выявившегося в ходе техноэволюции*. Назрела необходимость коррекции существующих технологий инженерного проектирования с учетом опыта предотвращения дисфункциональных взаимодействий явных и латентных структур.

При осуществлении сравнительного анализа альтернативных конструктивных схем технического объекта критерий фокусированного действия ориентирует на выбор варианта с *максимальным удельным весом активных элементов и операций, непосредственно обеспечивающих основные функции, и минимумом вспомогательных, холостых, промежуточных элементов и процессов*. Реализация такого подхода нередко ведет к крупным шагам в развитии техники. К примеру, совмещение ранее разрозненных технологических и транспортных операций лежит в основе ряда прогрессивных технико - технологических решений: роторных машин и роторно – конвейерных линий, металлургических комплексов непрерывной разливки стали и др. Так роторные комплексы за счет совмещения указанных операций и преодоления разрывов технологического процесса существенно сокращают длительность производственного цикла, отличаются компактностью, высвобождают ряд обычных машин и, в конечном итоге, могут содействовать кратному повышению эффективности массового производства [1,20].

Существенным аспектом фокусирования свойств технического комплекса на обеспечение необходимых функций является *реализация технических решений с учетом качественного своеобразия условий эксплуатации и специфических запросов потребителей*. Как известно, функциональность свойств системы определяется не только их соответствием цели, но и конкретными условиями среды [25]. Адекватный учет последних - необходимый фактор создания высокофункциональной, эффективной техники и ее успешного применения в конкретных условиях. И наоборот, недостаточный учет специфических условий применения технических систем – одна из распространенных причин снижения эффективности, надежности, конкурентоспособности.

Применение критерия фокусированного действия к оптимизации создаваемой техники в народнохозяйственном масштабе означает ориентацию технико – технологических решений на достижение конечной народнохозяйственной эффективности. Данная ориентация может быть реализована в следующих формах.

Во – первых, она обнаруживает актуальность создания в каждой из отраслей не просто отдельных эффективных машин, технических устройств и приборов, а именно *функционально завершенных технико – технологических комплексов*, нацеленных на всестороннее обеспечение достаточно крупных производственных функций. Соответствующие комплексы

должны включать взаимоувязанную цепочку машин, оборудования, приборов, информационного обеспечения, - охватывающих весь производственный цикл получения конечного продукта, включая вспомогательные и обслуживающие операции. Концепция функционально завершенных комплексов производственного оборудования, базирующихся на прогрессивных технических решениях, пронизывающих и преобразующих производственный процесс от начала до конца, была разработана В.С. Мучником [20,21,22]. Они получили название технолого - экономических систем, так как требуют системного преобразования не только техники – технологической базы производства, но и новой его организации и даже иных экономических отношений. Примерами таких систем является гибкие автоматизированные комплексы в машиностроении, включающие обрабатывающие центры с числовым программным управлением, транспортные роботы, программное и инструментальное обеспечение, устройства диагностики, измерения и корректировки режимов резания, автоматические системы смены инструмента и т.п. Другим примером данного рода может служить функционально завершенный комплекс литейно – прокатного производства в черной металлургии, включающий конверторное производство стали с непрерывной разливкой и регулируемой прокаткой металла. Антиподами концепции целостных технолого – экономических систем являются технологии, в которых машинные операции прерываются ручными, отдельные агрегаты не согласуются по техническим принципам, производительности, надежности, где вспомогательные и диагностические операции, в отличие от основных, технически не обеспечены и т.п.

Во – вторых, ориентация на достижение конечной народнохозяйственной эффективности требует исходить при сопоставлении проектных решений не только из стоимости изготовления машин и технических комплексов, но учитывать затраты и, соответственно, эффективность всего их жизненного цикла, включающего наряду с производством также эксплуатацию, ремонт, модернизацию, наконец, утилизацию. «Если взять, к примеру, трактор или автомобиль, то затраты на их производство составляют только 3-4% совокупности затрат, которые несет общество... за весь их жизненный цикл. Это затраты на обслуживание, текущий и капитальный ремонт и ряд других. Израсходовав, к примеру, на модель нового... трактора лишние 50 руб. и улучшив его надежность в процессе эксплуатации, мы получим годовую экономию 500 руб. (Данные приведены в денежных единицах советской эпохи – Э.В.) И это довольно типичный пример». [1, с.19]. Таким образом, с позиций критерия народнохозяйственной эффективности ***оптимизация создаваемых технических объектов должна осуществляться с учетом всех этапов их жизненного цикла.***

Третьим условием достижения конечной народнохозяйственной эффективности создаваемой техники является адекватное ограничение разнообразия и ***обеспечение сопряженности*** различных ее видов. В последние годы исследователи техноценозов (по аналогии с биоценозами) обратили внимание на то, что в мире технических систем разрастается опасное явление – «ассортица». Суть его - в чрезмерном росте разнообразия выпускаемых изделий, многократно превышающем разумные пределы. Избыточная ассортица увеличивает производственные затраты, снижает производительность труда эксплуатационного персонала [15, 17]. К тому же, нередко, машины, создаваемые различными фирмами и корпорациями, не стыкуются по многим сопрягающим и качественным параметрам в целостные технические комплексы, что наносит в масштабах страны значительный ущерб. Как заметил Б.И. Кудрин, если не принять мер, противодействующих этому процессу, то станет невозможным не только качественное проектирование, но и просто нормальная работа предприятий [16].

Комплексность при создании и оценке технических объектов. Актуальным направлением применения принципа комплексности к созданию конкурентоспособной техники является разработка критериальной базы оценки качества технических объектов на основе всестороннего учета их взаимосвязей с практически значимыми сферами природной и социальной среды. Отображение этих взаимосвязей в форме социально – аксиологических характеристик техники позволяет сформировать комплекс оценочных критериев качества технических объектов:

* **Конструктивно – технологические критерии:** производительность объекта, качество производимого продукта (функционального эффекта), надежность (безотказность, долговечность, ремонтпригодность), степень многофункциональности, уровень автоматизации, безопасность (включая защищенность от несанкционированных или алогичных воздействий), компактность, простота в эксплуатации, транспортабельность.

* **Экономические критерии:** соотношение «стоимость – качество» технического объекта, срок окупаемости, энергоэкономность, эксплуатационные затраты.

* **Экологические критерии:** степень полноты использования сырья, процент вредных отходов, степень опасности отходов, наличие средств утилизации отходов, размер возможных затрат по возмещению экологического ущерба.

* **Эргономические критерии:** степень согласованности с физическими и психическими возможностями человека, степень удобства в применении.

* **Эстетические критерии:** художественный уровень технических объектов (дизайн), согласованность облика технических объектов с другими компонентами предметной среды.

* **Медико – биологические критерии:** наличие вредных воздействий (вибрация, шум, химические и биологические воздействия, электромагнитные поля, ионизирующие излучения и т.п.) и степень их опасности для здоровья человека.

* **Социальные критерии:** соответствие – несоответствие потребностям гармоничного развития личности.

Рассмотренный комплекс критериальных показателей качества технических объектов дает актуальные ориентиры как для практического проектирования, так и для выбора адекватных решений при техническом перевооружении производства. Предложенная систематизация критериев оценки технических объектов могла бы оказаться актуальной и для использования в сфере инженерного образования. Расширение кругозора студентов технических вузов в ракурсах освоения конструктивно – технологических, экономических, экологических, эргономических, эстетических критериев качества техники, а также медико – биологических и социальных оценок ее воздействия – могло бы стать одним из значимых аспектов совершенствования инженерного образования.

Эффект «решающего звена» и его использование при создании прогрессивной техники. Принцип выделения главного («ведущего», «решающего») звена базируется на закономерной для сложных систем **функциональной неравноценности различных элементов и связей**, различной степени их влияния на конечный результат. «Решающие звенья» - это такие пункты, которые имеют первостепенное значение для функциональной результативности системы и где, следовательно, первоочередное приложение усилий и ресурсов может дать наибольший эффект. Наиболее существенными для технических объектов являются такие типы «решающих» звеньев как «слабейшие», «ведущие» и «массовые».

Слабейшие звенья ограничивают функциональные возможности и общую эффективность технического комплекса. Системная значимость выявления и первоочередного укрепления слабейших звеньев организованного объекта получила отражение в «тектологии» А. Богданова в форме **«закона наименьших»**. Согласно данному закону, устойчивость (функциональность) целого ограничена прочностью (функциональностью) наислабейшего звена [7]. Закон наименьших определяет одно из базовых условий организационной оптимизации технического объекта, а именно **необходимость относительной равнофункциональности его компонентов**, отсутствия как «слабых звеньев», ограничивающих общую функциональность (производительность) комплекса, так и избыточно «сильных» звеньев, потенциал которых не может быть полностью использован в силу ограничений со стороны других, функционально более слабых компонентов. Другим следствием данного закона является вывод о **первостепенной значимости «усиления» мест повышенной уязвимости объекта**. К примеру, при создании боевого самолета эпохи второй мировой войны - штурмовика ИЛ-2, главный конструктор С.В. Ильюшин отказался от привычной для штурмовой авиации идеи сплошного бронирования, чрезмерно утяжелявшего машину, снижавшего ее маневренность, ограничивавшего мощность вооружения. С.В. Ильюшин принял решение защитить надеж-

ной броней прежде всего наиболее уязвимые с точки зрения живучести конструктивные элементы: кресло летчика, двигатели, топливные баки, бомбовые отсеки. Такой подход позволил существенно снизить вес самолета, создав возможность установки мощного вооружения и сочетания высоких боевых качеств штурмовика с его живучестью.

Ведущие звенья технического комплекса – это те компоненты, в которых концентрируются основные технологические процессы. Качество ведущих звеньев определяет общий качественный результат, эффективность и надежность функционирования технического комплекса в целом. Обобщение закономерностей техноэволюции показывает, что **ведущие звенья технических комплексов концентрируют в себе основные противоречия их развития, связанные с коренным качественным совершенствованием**. В.А. Панфилов, определяющий ведущие звенья как «центр системы», считает, что в нем «... сконцентрированы разнообразные аспекты основного... противоречия технологического потока (производительность - качество). Разрешение именно этого противоречия ведет к развитию системы..., определяет перспективу превращения ее в ... систему более высокого уровня целостности» [24, с. 67]. Дальнейшей конкретизацией инженерного смысла идеи «ведущего звена» является обоснованная в концепции В.С. Мучника **закономерность перехода к малооперационным технологиям качественно нового уровня через «усиление» или преобразование «главной операции»**. Согласно этому авторусредоточение инженерных поисков на возможностях «усиления» главных операций является перспективным способом создания качественно новых технологий, отличающихся сокращенным операционным циклом и более высоким энергетическим напряжением технологического пространства. «Состав операций, их взаимодействие друг с другом предопределяются главным технологическим преобразованием предмета труда, а потому смена главной операции изменяет набор всех других операций, обновляет структуру всей технологической системы... В металлургии, например, «усиление» агломерации (окомкование мелкой руды с частичным восстановлением железа) преобразовалось в производство металлизированных окатышей. Они содержат 92-97% железа и пригодны для непосредственной выплавки стали в электропечах, минуя доменное производство. Исключаются выжиг кокса, доменное производство, сокращается потребность в угле на тонну стали, а при переходе к непрерывной разливке стали исключается и обжим слитков на блюминге со всеми промежуточными процессами. Метасистема металлургии реализуется как малостадийная технология» [22, с.64-67].

Массовые звенья – это многократно повторяющиеся, однотипные элементы и операции. Даже незначительное их улучшение дает значительный результирующий эффект за счет многократного накопления малых эффектов. К примеру, совершенствование элементной базы информационной техники (переход от электронных ламп к полупроводникам, а затем к интегральным схемам) приводило каждый раз к многократному увеличению быстродействия при снижении потребляемой мощности и затрат на единицу информации в 5-10 раз.

Поэтапность действий при создании новой техники и технологии. Принцип поэтапности является результатом поиска реалистичной стратегии системных действий в условиях многообразных противоречий, неопределенности, рисков и противодействий, неизбежных при создании качественно новой техники. Он базируется на учете инерционности господствующих технических схем и концепций, труднопредсказуемости характеристик качественного скачка при создании технических объектов инновационного уровня, «взрывного» роста разнообразия и сложности проблем, порождаемых этим скачком, рисков при осуществлении разработок и т.п. Стратегия поэтапных действий предлагает ориентироваться при разработке новой техники не на создание единого детального проекта, реализуемого в неизменном виде от начала до конца, а на **метод этапных приближений к поставленной цели**. Разбиение проекта на последовательность этапов, обеспечивающих преемственное наращивание результатов от относительно простых к более сложным, позволяет существенно ослабить эффекты инерционных противодействий, смягчить «взрыв» новых проблем и неопределенности, совершенствовать от этапа к этапу тактику проектирования с учетом как новых позитивных возможностей, так и непредвиденных препятствий и даже ошибок первоначального

замысла, выявляющихся в ходе разработки. Весьма рельефно суть принципа поэтапности при создании новой техники сформулировал генерал армии С.М. Штеменко в предисловии к книге В.В. Дружинина и Д.С. Конторова «Идея, алгоритм, решение»: «Иногда большие программы так и не доводятся до конца потому, что принцип поэтапного развития заменяется принципом «все или ничего». В этом случае вследствие огромного количества новых проблем, технических и других трудностей уходит время, изменяются задачи и требования, а полезного результата не видно. Первоначальные идеи, заложенные в большую систему, постепенно устаревают и работа прекращается. Поэтому авторы совершенного правильно предлагают не браться сразу за необъятное, а действовать по этапам. Для этого следует четко сформулировать цель каждого этапа и оценить реальные возможности, не упуская, конечно, перспективу. Достигнутые результаты можно будет последовательно наращивать» [11, с.6]. В качестве эвристических ориентиров поэтапного подхода к созданию технических комплексов качественно нового уровня могут быть указаны следующие критерии:

***каждый из этапов должен иметь своим результатом функционально завершённый уровень или подсистему технического комплекса**, реализация которых создает базу для наращивания преобразований функционально расширенного или качественно более высокого уровня;

***взаимодополняющее сочетание (или даже сращивание) сложных технических комплексов высшего уровня с относительно простыми и результативными конструктивно – технологическими решениями (объектами) предшествующих уровней или этапов.** Переход к техническим комплексам качественно нового уровня вовсе не означает что новая техника всегда и во всем безоговорочно превосходит старую. Нередко неоспоримые преимущества сложных технических систем в решении задач высшего качественного уровня сочетаются с их несоразмерностью, малопригодностью или неэффективностью в ряде традиционных сфер, где простые орудия предшествующих поколений оказываются более результативными и надежными. Так в свое время при оснащении войск противовоздушной обороны зенитно – ракетными комплексами первоначально возобладало представление что переход к ракетной технике устраняет необходимость таких средств ПВО как истребительная авиация, зенитная артиллерия и т.п. Однако реальный опыт боевых действий показал, что обеспечение надежной обороны требует взаимодополняющего сочетания средств ПВО, основанных как на новых, так и на прежних принципах. Тем самым дополняющее соединение сложных конструкций и технологий высшего уровня с относительно простыми и надежными техническими объектами предшествующих уровней оказывается во многих случаях рациональным и продуктивным принципом эволюционного совершенствования техники[27]. Согласно Г.С. Альтшулеру сочетания подобного типа закономерно перерастают в целостные конструктивные соединения технических объектов высших и низших уровней, обладающие расширенными функциональными возможностями: «исчерпав возможности развития система включается в надсистему в качестве одной из ее частей; при этом дальнейшее развитие идет на уровне надсистемы» [4, с. 99]. В качестве характерных примеров **взаимоадаптированного преемственного сращивания разноуровневых технических решений** может быть указан ракетно - артиллерийский комплекс ПВО «Панцирь», стоящий на вооружении российской армии, сопряжение современного стрелкового оружия с холодным в виде примкнутого штыка и т.п.;

***концентрация ранее разрозненных операций в едином технологическом комплексе**, что содействует интенсификации технологического процесса, сокращению промежуточных, непроизводительных действий. Идея концентрации ряда ранее разрозненных операций металлообработки в едином техническом комплексе составила один из главных принципов создания обрабатывающих центров с программным управлением[21];

***ориентация на выбор многофункциональных решений при создании технико – технологических комплексов.** «При переходе систем на новый этап развития существенно увеличивается удельный вес многофункциональных объектов... И это имеет место прежде всего в системах, к которым предъявляются наиболее жесткие требования: в авиации, космо-

навтике, системах вооружения, сложных радиоэлектронных комплексах...Использование многофункциональных элементов и комплексов соответствует современной стратегии создания ... техники и технологии» [5,с. 104-105].

***интенсификация технологических процессов за счет включения в их состав межоперационных воздействий каталитического типа** [21,22]. В качестве вариантов реализации данного организационно – технологического приема можно указать применение катализаторов, ускоряющих технологические процессы в химической промышленности, ферментов, активизирующих преобразования пищевого сырья, воздействие поверхностно – активными веществами на нефтеносные пласты для интенсификации нефтедобычи; вакууммирование стали перед прокаткой, повышающее ее качественные характеристики и т.п.

Организационно – технологическая гибкость и мобильность создаваемой техники. Создание гибких технических систем, способных к оптимизирующему изменению структуры при различных режимах функционирования, к гибкой переналадке на выпуск различных видов и объемов продукции, к наращиванию мощности, производительности, мобильной замене устаревших или выбывших из строя компонентов – становится в современных условиях одним из важнейших законов прогрессивной техноэволюции и необходимым условием перехода к техническим объектам нового поколения. «Выбор способа динамизации зависит от конкретных обстоятельств, но сама динамизация – универсальный закон, определяющий направление развития... технических систем...» - считал Г.С. Альтшулер [2, с. 59]. Высокопроизводительные, но косные в отношении структурно - функциональной адаптации машины и оборудование требуют в новых условиях все более частой замены и становятся не только неэкономичными, но и вообще неадекватными потребностям современного производства. К конструктивно – технологическим ресурсам поиска «гибких» решений при создании новой техники можно отнести:

***применение блочного принципа конструирования технических объектов.** Проектирование объекта в виде комплекса автономных блоков, образующих при стыковке единое целое, может быть использовано в целях структурной реконфигурации, наращивания или снижения мощности или производительности при изменении функциональных задач. Данный принцип, нашедший широкое применение при создании ракетно – космической, радиоэлектронной, компьютерной техники и в других высокотехнологичных областях, позволяет осуществлять параллельное проектирование, изготовление и опробование автономных подсистем технического комплекса, что содействует сокращению сроков разработки новой техники. Блочный принцип построения в ряде случаев упрощает сборку, обслуживание и ремонт техники, облегчает диагностику и замену подсистем, вышедших из строя;

***сочетание в техническом объекте базовой подсистемы стационарного действия со сменными наборами специализированного периферийного оборудования или рабочих органов.** Подобные сочетания, содействующие экономному, многофункциональному использованию машин, встречаются в сферах сельскохозяйственной, строительной, дорожной, бытовой и др. отраслях техники;

***унификация массовых конструктивных узлов и деталей, общих для различных видов техники.** Такой подход расширяет возможности взаимозаменяемости и комбинирования компонентов создаваемой техники, упрощает проблемы ее обслуживания и ремонта, облегчает и удешевляет создание новых видов технических объектов. «Для современного научно – технического прогресса характерно сочетание стремительно растущего многообразия технических устройств, расширения их ассортимента, все более частой смены моделей, с систематически растущим выделением однородных или подобных функциональных узлов и деталей, общих для самых разнообразных машин и механизмов. Это касается двигателей, трансмиссий, редукторов, гидроприводов, систем охлаждения и управления, опорных подшипников, крепежа, электронного оснащения и т.д. Эта однородность и подобие заслуживают ... культивирования, потому что они дают ключ к решению самой критической из экономических проблем научно – технического прогресса – сочетанию растущего многообразия и частоты

смены моделей с возможностями использования экономических преимуществ массового производства» [27, с.63];

***сращивание технико – технологических систем нового поколения с микроэлектроникой**, что создает возможность перепрограммирования их на реализацию многообразных функций, на выпуск новых видов продукции, позволяет автоматизировать производственный процесс, вести его в оптимизационном режиме [1].

Рассмотрение технического объекта как противоречивой целостности. С системно – диалектических позиций познание глубинных сущностных оснований объекта достигается через раскрытие его коренных противоречий [19, т.29]. Опыт развития науки и техники показывает что именно осмысление объекта как единства противоположностей, как противоречивой целостности содействует достижению всестороннего, взвешенного понимания и действительных преобразований. С точки зрения **закона противоречивой целостности** в любой сложной системе имеются как системоинтегрирующие факторы, обеспечивающие устойчивость, жизнеспособность, функциональность данной системы, так и противостоящие им системоразрушающие, дезинтегрирующие, дисфункциональные факторы. Вторая группа факторов весьма редко становится объектом анализа при проектировании технических объектов; такое рассмотрение инициируется чаще в результате аварий и технических катастроф. *Особенно важный аспект анализа системоразрушающих факторов связан с возможностью их перехода из режима разрозненного действия в режим когерентного, синергического взаимодействия.* Именно такая эволюция системоразрушающих факторов часто приводит к авариям, разрушениям, выходу из строя технологических комплексов или резкому ухудшению качества их функционирования. С позиций закона противоречивой целостности *анализ природы катастроф, их классификация, выявление глубинных причин и закономерностей - должны стать столь же существенной частью технических наук как и вопросы прочности, надежности, функциональной эффективности.* «Катастрофы – это жестокий эксперимент. В технике аварии и катастрофы – источник важнейшего знания. Именно когда рушатся ... сложные конструкции ... на короткое время открывается глазу их истинное строение ... В этот момент можно многое понять ... Но очень ненадолго приоткрывается нам суть вещей и мы обязаны сделать усилие и успеть добыть драгоценное знание пока раны раскрыты. Это знание оплачено страданиями ... людей, нельзя дать ему пропасть!» [12, с. 79].

Таким образом, **рассмотрение технологического комплекса с позиций противостояния действующих в нем системоинтегрирующих и системоразрушающих факторов, выявление их соотношения, взаимодействия, синергического со - действия разрушающих факторов, является важным принципом системного подхода**, весьма актуальным для создания современной техники и технологии.

Другой актуальной конкретизацией закона противоречивой целостности, получившей основательное операционное развитие, является **теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)** Г.С. Альтшулера [2, 3, 4]. Согласно данному автору «все технические системы развиваются... через возникновение и преодоление технических противоречий, причем чем сложнее система, тем неравномернее и противоречивее развитие ее частей ...» [2, с. 66]. Алгоритм изобретательства (АРИЗ), разработанный Г.С. Альтшулером, включает ряд логических этапов: а) анализ *изобретательской задачи*; б) выделение *технических противоречий (ТП)*, отражающих конфликт между частями или свойствами системы; в) формулировку *идеального конечного результата (ИКР)* - максимальной формы желаемого результата; г) установление физического смысла технических противоречий, т.е. преобразование их в физические. *Физические противоречия (ФП)* – это противоречия между искомым (идеальным) и реальным физическими состояниями объекта; д) учет возможных *вещественно – полевых ресурсов* разрешения противоречий; е) поиск вариантов разрешения технических и физических противоречий с помощью *информационного фонда ТРИЗ*, включающего:

* законы функционирования и развития технических систем;

* типовые приемы (стандарты) разрешения технических и физических противоречий;

*таблицы соответствия технических противоречий и физических эффектов, применимых для устранения данных противоречий.

В качестве эмпирической базы для разработки информационного фонда ТРИЗ использовался гигантский массив авторских свидетельств и патентов на изобретения (на начальном этапе было проанализировано 40000 изобретений, а заключительная версия информационного фонда ТРИЗ базировалась на учете опыта 250000 изобретений). При выработке стандартов и правил разрешения технических противоречий использовались также результаты анализа логики развития многих конкретных видов технических систем.

Актуальным следствием закона противоречивой целостности является требование **выявления критических границ изменения функциональных параметров объекта в рамках его целостности**. Поиск подобных критических границ является в современных условиях одной из значимых системных проблем во многих конкретных науках. Так экологи исследуют предельно допустимые нагрузки на биосферу, превышение которых может привести к ее необратимому разрушению, генетики анализируют пределы разрушения генофонда человечества, за которыми может наступить лавинообразный процесс генетической деградации, юристы обсуждают количественные границы преступности, превышение которых грозит криминализацией общества и т.п. Исследование критических границ и режимов изменения функциональных параметров весьма актуально и при создании сложных технико – технологических систем, прежде всего с позиций их надежности, безопасности, безаварийности, качества функционирования.

Многомерность анализа и оценки технических объектов. Требование многомерности рассмотрения технических объектов является методологическим отражением иерархичности системной реальности. **Закон иерархичности** заключается в том, что у всякого исследуемого объекта (явления) есть как вышестоящие, надсистемные уровни, так и нижестоящие, подсистемные уровни, во многом определяющие его характер и качество. Так например, если в качестве исследуемого объекта выступает дерево, то объемлющей надсистемой для данного объекта будет группа деревьев или лес, а подсистемами будут корни, ствол, ветки, листья. **Присущие системным объектам иерархическая многомерность и связность уровней требуют в методологическом плане исследования их не только в собственном масштабе, но и с позиций влияния на них как объемлющих метасистем, так и характеристик подсистем** [18].

Рассмотрение объекта с учетом влияния на него *надсистемных уровней* и качеств его подсистем приводит к соединению разноуровневых картин в многомерное, объемное представление, значительно более разностороннее и глубокое чем то, которое возможно при рассмотрении данного объекта лишь в его собственном масштабе. Нередко именно благодаря многомерному видению объекта удается достичь разрешения проблем, которые при одномерном, «предметоцентрическом» подходе казались тупиковыми, неразрешимыми. В этой связи при проектировании какого – либо технического объекта полезно рассматривать возникающие проблемы не только в рамках узкоспецифических наработок, но и с обращением к более обширному опыту, накопленному в соответствующей отрасли, или даже с применением технологического опыта других, более развитых отраслей. К примеру, известен опыт США, где модернизация ряда гражданских отраслей промышленности длительное время сталкивалась с трудностями, создававшими угрозу их конкурентоспособности. Решение многих застарелых и трудноразрешимых проблем гражданского сектора промышленности было существенно динамизировано путем передачи в гражданскую сферу технологических достижений военно – промышленного комплекса [13].

Рассмотрение технического объекта с позиций *подсистемного уровня* предполагает учет возможного влияния подсистем на его функционирование при действии подсистем в различных технологических режимах, при использовании различных видов сырья и других технологических ингредиентов, при различных вариантах конструктивного и материального исполнения подсистем. Такое рассмотрение может обнаружить существенные технические противоречия, специфические эффекты и воздействия, обусловленные собственной природой

дой подсистем, зачастую выпадающей из поля зрения конструкторов при «предметоцентрическом» рассмотрении.

Рассмотрение технического объекта в *его собственном масштабе* с позиций системного подхода также приобретает многомерный характер. Системный подход предполагает **критическое сопоставление рассматриваемого объекта с актуальными аналогами: объектами – конкурентами, альтернативными объектами, объектами того же или близкого рода**. Подобное сопоставление позволяет учесть опыт различных конструктивных подходов, создает возможности для взаимопереноса достижений, для их плодотворного, взаимообогащающего синтеза. Тем самым, учет закона иерархичности позволяет осуществить переход от одномерного, «предметоцентрического» мышления к многомерному, «системоцентрическому», которое содействует более глубокому проникновению в сущностные основы объекта, расширению диапазона инновационного поиска, обогащению средств выбора эффективных решений.

Таким образом, предпринятое осмысление системных принципов техноэволюции и инженерного проектирования показывает, что практическое приложение системного инструментария в сфере инженерного поиска становится существенным условием создания технических объектов качественно нового, высшего уровня. Развитие техники и технологии подошло к такому рубежу, когда без учета и применения системно - диалектической методологии дальнейший прогресс инженерии серьезно затрудняется. А это означает, что системно – диалектические конструкты становятся не менее значимым компонентом современного инженерного образования чем базовые технические знания.

Литература

1. *Аганбегян А.Г.* На новом этапе экономического строительства // Экономика и организация промышленного производства. 1985. №8.
2. *Альтшулер Г.С.* Найти идею: введение в теорию решения изобретательских задач. – Новосибирск: Наука. 1986. – 209с.
3. *Альтшулер Г.С.* Творчество как точная наука. – М.: Сов. радио. 1979. – 184с.
4. *Альтшулер Г.С., Селюцкий А.Б.* Крылья для Икара: как решать изобретательские задачи. – Петрозаводск. 1980. – 224с.
5. *Балашов Е.П.* Эволюционный синтез систем. –М.: Радио и связь. 1985. – 328с.
6. *Баркан Д.И.* Функционально ориентированные структуры управления и системы машин // Экономика и организация промышленного производства. 1981. №10.
7. *Богданов А. А.* Тектология. Всеобщая организационная наука. В 2-х кн. Книга 1. – М.: Экономика. 1989. – 304 с.
8. *Винограй Э. Г.* Общая теория организации и системно - организационный подход. – Томск: Изд-во ТГУ. 1989. –236с.
9. *Винограй Э.Г.* Основы общей теории систем. - Кемерово: КемТИПП. 1993. - 339 с.
10. *Городова Л.П., Крыжановская Е.П., Муравская В.В.* Организация функционально – стоимостного анализа на предприятии. – М.: 1982.
11. *Дружинин В.В., Конторов Д.С.* Идея, алгоритм, решение. – М.: Воениздат. 1972. – 326с.
12. *Кара – Мурза С.Г.* Чему надо учить политологов России // Социально - гуманитарные знания. 2014.№ 1 – С. 69-82.
13. *Крейсберг М.М.* США: системный подход в управлении. – М.: Наука. 1974. – 275с.
14. *Кудрин Б.И.* Введение в технетику. Изд. 2-е Томск: Изд. ТГУ. 1993. – 552с.
15. *Кудрин Б.И.* Исследование технических систем как сообществ изделий - техноценозов // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1980. – М.: Наука. 1981.
16. *Кудрин Б.И.* Научно – технический прогресс и формирование техноценозов // Экономика и организация промышленного производства. 1980. №8.

17. Кудрин Б.И. Сообщества изделий - техноценозы и техноэволюция // Экология. Человек. Общество. 2004. №4 (39) – С.10-17.
18. Кузьмин В.П. Принцип системности в теории и методологии К. Маркса. – М.: Политиздат. 1986. – 399с.
19. Ленин В.И. Полное собрание сочинений. Изд. V, т. 1-55. – М.: Политиздат. 1980.
20. Мучник В.С. Голланд Э.Б. Экономические проблемы современного научно – технического прогресса. – Новосибирск. 1984.
21. Мучник В.С. Комплексный эффект технологических преобразований // Экономика и организация промышленного производства. 1972. №12. – С. 153-166.
22. Мучник В.С. Технологическая революция преобразует производство // Экономика и организация промышленного производства. 1979. №2. – С. 60-79.
23. Панфилов В.А. Научные основы развития технологических линий пищевых производств. – М.: Агропромиздат. 1986. – 245с.
24. Панфилов В.А. Теория технологического потока. 2-е изд. – М.: КолосС. 2007. – 319с.
25. Сетров М.И. Основы функциональной теории организации. – Л.: Наука. 1972. – 164с.
26. Стефанов Н. Мультипликационный подход и эффективность. – М.: Политиздат. 1980. – 208с.
27. Хейнман С.А. Организационно – структурные факторы экономического роста // Экономика и организация промышленного производства. 1980. №5 - С. 32-52; №6 – С.56-81.
28. Чешев В.В. Техническое знание. – Томск: Изд. ТГАСУ. 2006. – 267с.
29. URL: <http://systmethod.kemtipp.ru>

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности
650060, Кемерово, б-р Строителей 47.
т. (384-2) 39-05-81

1.	Фамилия Имя Отчество	Винограй Эмиль Григорьевич
2.	Ученая степень	Доктор философских наук
3.	Ученое звание	Профессор, действительный член Международной Академии энергоинформационных наук, член-корреспондент Петровской Академии наук и искусств, Международных Академий информатизации и психологических наук
4.	Место работы	Кемеровский технологический институт пищевой промышленности
5.	Должность	Профессор, зав. каф. философии и политологии
6.	Рабочий адрес, телефон, e-mail	650060, Кемерово, б-р Строителей 47. Р: (384-2) 39-05-81; phil@kemtipp.ru
7.	Домашний адрес, телефон, e-mail	650036, Кемерово-36, а/я 208 Д:(384-2)35-86-09
8.	Подпись, дата	