

Ф. К. Клашанов, канд. техн. наук, доц.

**ФГБОУ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Москва, Россия

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ НА БАЗЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Данная статья посвящена анализу применения системного подхода к методологии проектирования средств механизации строительства.

Традиционной целью проектирования принято считать создание нового изделия, более совершенного, чем существующие, или его модификации, обладающие улучшенными параметрами. Видимо, формально неточным определением цели проектирования можно объяснить наличие множества изделий с маловарьированными параметрами, отсутствие изделий типоразмеров максимального спроса, а также то, что новые изделия не всегда обеспечивают оптимальную эффективность средств, затраченных на производство и эксплуатацию. Прежде всего, за основу проектирования принято: техника должна быть безопасной для окружающей среды и персонала – это необходимое условие проектирования (создания) новой техники. Только при этих условиях средства механизации имеют право на жизнь. Следующее условие – это надежное выполнение требуемых потребительских функций, которые и идентифицируют данный вид (класс) средств механизации строительства. Тщательный анализ некоторых конструкторских решений показал, что их эффективность можно значительно повысить при системном подходе к задаче проектирования. Для выявления сути системного подхода необходимо определить некоторые понятия, прежде всего понятие – системы.

Системой условимся называть совокупность функционально взаимно увязанных механизмов, элементов деталей, предназначенных для выполнения всего множества работ или услуг, определенных на уровне решения однотипных задач строительной технологии. Примеры систем – каждый элемент из множества строительной техники. Элементом, например, является экскаватор, как землеройная машина. Отсюда следует, что понятие системы отождествляют с совокупностью технических средств и производственного персонала. Любой из перечисленных систем и многим другим присуща комплексность организации производства.

Главной целью функционально-физического анализа (ФФА) является выявление по определенным правилам различных видов продуктивных знаний, позволяющих определять требования к строительной технике и давать

соответствующие конструктивно-технологические решения. Овладение методикой проведения ФФА, как инструментария оперирования продуктивными знаниями, позволяет значительно повысить эффективность проектирования. Этот вид функционального анализа начал разрабатываться в 70-е годы в результате работ, параллельно проводившихся в Германии (работы профессора Р. Коллера) и в СССР (работы профессора А. И. Половинкина). В 1994 году на основе работ выдающихся специалистов в области профессионального творчества (Г. С. Альтшуллера, Г. Я. Буша, А. И. Половинкина) профессором В. В. Поповым была разработана системная методология проектной деятельности, которая охватывает основные этапы проектирования. В качестве инструментария, используемого на этих этапах, выступают малоизвестные эвристические стратегии, тактики и методы проектирования, способы преодоления психологических барьеров мышления, законы и закономерности развития технологий и техники, методы выявления и разрешения противоречий в технических системах (ТС), систематизации функций и потребительских свойств ТС и др.

Принципиальным отличием подхода, разработанного В.В.Поповым, является его изначальная ориентация на компьютерную реализацию. Информационный и методический инструментарий инновационной деятельности представляется в виде так называемых продуктивных знаний (знаний, способствующих порождению новых знаний). Применяемая при этом формализация позволяет использовать базы продуктивных знаний в компьютерных средствах поддержки инновационной деятельности. Конструирование машин является областью инженерной деятельности, наиболее сложной для автоматизации. Разработка теории и методов автоматизации конструирования находится еще в начальной стадии. Автоматизированы главным образом различные вычислительные операции, связанные с конструированием. Задачей автоматизации проектирования является создание комплексных автоматизированных систем подготовки производства в машиностроении, выполняющих кроме расчета выбор наиболее рациональных технологических и конструкторских решений, компоновку машин из составляющих их элементов, подбор этих элементов, технологическое проектирование, выдачу проектной документации в готовом виде и т. п.

Формирование информационного обеспечения процесса проектирования, построенного в соответствии с системной методологией проектной деятельности, происходит при проведении функционально-физического анализа ТС, методика которого предполагает следующую последовательность действий: дать алгоритм описания ТС (с указанием источников информации), схему ТС; выявить главную, основные, вспомогательные, вредные и нейтральные функции; сформировать функционально-логическую структуру ТС; выявить и описать реализуемые критерии эффективности (потребительские свойства) ТС, характеризующие меру ее полезности. Применение ФФА позволяет повысить качество проектных

решений, создать в короткие сроки высокоэффективные образцы техники и технологий, и таким образом, обеспечить конкурентное преимущество предприятия.

Практическое применение научных теоретических и экспериментальных исследований сводится к созданию новых поколений строительной техники или совершенствованию существующей применительно как к новым, так и функционирующим строительным технологическим процессам. Разработанная системная методология проектной деятельности, базируется на законах развития строительной техники, на соответствии между функциями и структурой строительных машин и законе прогрессивной эволюции технической системы. Все функции строительной техники делятся на следующие группы: основные, для осуществления которых предназначен данный объект; вспомогательные, способствующие осуществлению основных функций; нейтральные, которые, как правило, сопровождают основные функции, но не несут полной нагрузки и могут быть без ущерба ликвидированы вместе с их материальными носителями (узлами, деталями, видами работ, формами документации и т.п.). Алгоритмические основы проектной деятельности являются базой для их практического использования при синтезе новых проектных решений с новыми конкурентоспособными качественными параметрами. Строительная техника, отбираемая для проведения ФФА, должна отвечать следующим требованиям: представлять последние наиболее эффективные отечественные и зарубежные достижения отрасли; совершенствование стройтехники должно существенно повысить эффективность строительной отрасли в целом. Результативность ФФА заключается в сравнении последней (лучшей) реализации строительной техники с ее аналогом (прототипом).

Основной целью и задачами проведения ФФА строительной техники является поиск новых, более эффективных конструкторско-технологических решений, в том числе решений, превосходящих мировой уровень. Такие задачи возникают при разработке новых машин, приборов, технологического оборудования и технологий. Необходимость постановки и решения подобных задач вызвана постоянно возрастающей сложностью изделий по числу деталей и используемых физических эффектов, расширением номенклатуры используемых материалов и комплектующих элементов, ростом разнообразия самих строительных машин, сокращением времени их создания и морального старения, возрастанием объема патентной и научно-технической информации и т.д.

Решение проблемы интенсивного развития экономики выдвигает большое число дополнительных творческих инженерных задач, связанных с экономией трудовых ресурсов, сырья, материалов и энергии.

Таким образом, очевидно, что изучение вопроса функционального анализа является актуальным на сегодняшний день.

Порядок проведения ФФА строительной техники включает в себя следующие этапы.

1. *Формулируется проблема.* Описание проблемы должно включать назначение машины/механизма (далее машины), учитывать условия функционирования и предъявляемые технические требования. Формулировка проблемы должна способствовать раскрытию творческих возможностей и развитию фантазии для поиска возможных решений в широкой области.

2. *Составляется описание функций* назначения машины. Описание базируется на анализе запросов потребителя и должно содержать четкую и краткую характеристику, с помощью которой можно удовлетворить возникшую потребность. Для понимания функций назначения машины необходимо дать краткое описание надсистемы, т.е. системы, в которую входит проектируемый объект. Описание функций включает: действия, выполняемые машиной; объект, на который направлено действие; условия работы для всех стадий жизненного цикла машины.

3. *Производится анализ надсистемы.* Анализ надсистемы производится с помощью структурной и потоковой модели машины. При этом целесообразно воспользоваться эвристическими приемами, например, рассмотреть: можно ли выполнить функцию рассматриваемой техники путем внесения изменений в смежные объекты надсистемы, нельзя ли какому-либо смежному объекту надсистемы частично или полностью передать выполнение некоторых функций рассматриваемой техники, что мешает внесению необходимых изменений и нельзя ли устранить мешающие факторы.

4. *Строится функциональная модель* машины обычно в виде функционально-логической схемы.

5. *Анализируются физические принципы действия* для функций машины.

6. *Определяются технические и физические противоречия* для функций машины. Такие противоречия возникают между техническими параметрами при попытке одновременно удовлетворить нескольким требованиям потребителя.

Определяются приемы разрешения противоречий и направления совершенствования машины. Для того чтобы реализовать совокупность потребительских свойств объекта, отраженных в его функциональной модели, с помощью минимального числа элементов, модель преобразуется в функционально-идеальную. Поиск вариантов технических решений часто производят с помощью морфологических таблиц, которые отражают строение анализируемого объекта.

Потребность (функция). Реализация возникшей потребности является целью создания техники. Описание потребности должно содержать следующую информацию: необходимое действие; объект (предмет обработки), на который направлено это действие; особые условия и ограничения.

Описание потребности формализовано можно представить в виде трех компонент: $P=(D,G,H)$, где D – указание действия, производимого рассматриваемой техникой и приводящего к удовлетворению интересующей потребности; G – указание объекта, на который направленно действие; H – указание особых условий и ограничений, при которых выполняется действие.

Техническая функция (ТФ). Описание ТФ содержит следующую информацию: потребность, которую может удовлетворить машина (механизм); физическая операция, с помощью которой реализуются потребности. Таким образом, описание ТФ состоит из двух частей: $F=(P,Q)$, где P – удовлетворяемая потребность; Q – физическая операция. Описание физической операции (ФО) формализовано можно представить состоящим из трех компонент: $Q = (A_T, E, C_T)$, где A_T, C_T – соответственно входной и выходной поток вещества, энергии или сигналов; E – наименование операции Коллера по превращению A_T в C_T .

Функциональная структура (ФС). Подавляющее большинство строительных машин состоит из нескольких элементов (агрегатов, блоков, узлов) и могут быть естественным образом разделены на части. Каждый элемент как самостоятельный механизм выполняет определенную функцию и реализует определенную ФО, т.е. между элементами имеют место два вида связей и соответственно два вида их структурной организации.

Во-первых, элементы имеют определенные функциональные связи друг с другом, которые образуют конструктивную функциональную структуру.

Кроме функциональных связей, между элементами имеются еще потоковые связи, т.е. элементы, реализуя определенные физические операции, образуют поток преобразуемых или превращаемых веществ, энергии, сигналов или других факторов.

Физический принцип действия (ФДП). Описание ФДП, как правило, содержит изображение принципиальной схемы машины, в которой в упрощенно-идеализированной форме показаны основные конструктивные элементы, обеспечивающие реализацию ФДП, и указаны направления потоков и основные физические величины, характеризующие используемые физико-технические эффекты.

Техническое решение (ТР). Представляет собой конструктивное оформление ФДП и ФС. ТР конкретной машины, как правило, описывается в виде двухуровневой структуры через характерные признаки машины в целом и ее элементов. При этом используют следующие группы признаков: перечень основных элементов; взаимное расположение элементов в пространстве; способы и средства соединения и связи элементов между собой; последовательность взаимодействия элементов во времени; особенности конструктивного исполнения элементов; принципиально важные соотношения параметров для машины в целом или отдельных элементов.