* 1. Почему инженерные исследования?

Все инженерные дисциплины описываются как применение науки к реальным системам, которые приносят пользу человечеству [1]. Следовательно, инженерные исследования основаны на принципах научных исследований, которые, в свою очередь, основаны на научном методе, при котором наблюдения (эксперименты), теории, расчеты и модели выводятся из существующего корпуса научных знаний и независимо проверяются другими экспертами в данной области [2-4]. Этот последний процесс называется "рецензированием". Хотя эта формальная экспертиза коллегами не является безупречной, она представляет собой лучший метод валидации и проверки результатов исследований. Инженерные исследования основаны на точно таком же научном методе; однако исследования направлены на практическое применение науки в продуктах, услугах и инфраструктуре.

Большинство исследований начинается с гипотезы; то есть утверждения, которое может быть либо доказано, либо опровергнуто. В большинстве случаев легче опровергнуть гипотезу, так как для дискредитации идеи достаточно одного контрпримера. Чтобы доказать гипотезу, необходимо всесторонне исследовать каждый возможный случай и убедиться, что гипотеза применима. Часто это приводит к созданию ограничивающих условий. Заключение становится немного модифицированным: гипотеза верна при условии соблюдения определенных условий. Полная оценка гипотезы может занять много лет без окончательного решения.

**ПРИМЕР 1.1. Утверждение гипотезы**

"Все механические системы можно описать уравнениями затухающего простого гармонического движения". Вы могли бы проверить множество механических систем и обнаружить, что это так. Однако, если вы найдете один пример, когда это не так, гипотеза будет опровергнута. В этом случае необходимо применить некоторые ограничения к утверждению.

"Максимальная эффективность солнечной батареи составляет 28%". Если вы найдете один пример солнечной батареи с более высокой эффективностью, гипотеза будет опровергнута.

"Законы физики действуют во всей Вселенной". Физики и астрономы продолжают предполагать, что это так, описывая образование звезд.

История и философия науки охватывают научный метод и создание новых знаний [2-4], основанных на новой теории, которая впоследствии была подтверждена наблюдением, экспериментом и логическим развитием из ранее принятых теорий, но это не является предметом этой книги. В некоторых случаях теоретические концепции выводятся задолго до экспериментальной проверки. В других случаях теоретические концепции выводятся из экспериментальных наблюдений. История науки полна примеров и того, и другого.

Существует множество книг, которые обсуждают научные исследования и их методы [5-8]: так чем же инженерные исследования отличаются от научных исследований? Предварительный ответ заключается в том, что инженерные исследования должны удовлетворять всем следующим целям:

* Исследования должны быть применимы к человеческим системам;
* Исследования должны приводить к практическим результатам;
* Исследования должны приносить пользу человечеству;
* Исследования должны основываться на этических принципах;
* Исследования должны учитывать влияние на окружающую среду;
* Исследования должны основываться на стандартных отраслевых методах испытаний.

Более детальное объяснение этих вопросов приводится в следующих главах.

**ПРИМЕР 1.2. Возможности исследований**

Новый материал был научно доказан как надежная замена асфальту и бетону для строительства дорог. Материал обладает отличными физическими и химическими свойствами. Инженерное исследование этого материала может также подтвердить, что материал имеется в изобилии из возобновляемых ресурсов, сам материал может быть переработан по окончании его службы в дорожном покрытии, а токсичность материала не оказывает негативного влияния на окружающую среду.

Новая технология транзисторов основана на редкоземельном металле, который обладает крайне низкой распространенностью, его трудно добыть и сложно восстановить из электронных отходов. Исследования в этой области представляют собой эзотерическую науку, а не инженерные исследования, так как результаты вряд ли будут широко приняты, если не будут гарантированы улучшенные экологические результаты.

Воздушный транспорт с использованием водородных шаров требует очень мало энергии для подъема груза и его возвращения на землю, но был признан непрактичным из-за легковоспламеняемости газа, сложности его хранения и низкой скорости движения.

Очевидно, что научные исследования и инженерные исследования не являются взаимоисключающими. Вся медицинская наука напрямую связана с улучшением человеческого состояния через медицинскую практику. Другие области, связанные с человеком, такие как физиология, фармация, стоматология, психология, образование и т. д., также имеют некоторые результаты, относящиеся к улучшению человеческого состояния. Точно так же многие инженеры занимаются чисто научными исследованиями для проверки идей с долгосрочной целью нахождения решений проблем практической реализации результатов исследований. Поскольку нет четкой границы между этими областями, многие конференции и научные журналы освещают как научные, так и инженерные исследования. Эта книга ограничивается стратегиями инженерных исследований, но концепции также применимы и к чисто научным исследованиям. Таким образом, дополнительная литература легко доступна из книг и статей по научным методам [7-9].

Инженеры, а следовательно, и инженерные исследования ограничены довольно формальными кодексами этики. Каждая инженерная дисциплина имеет кодекс этики, охватывающий инженерную практику в одной или нескольких странах. Эти кодексы должны влиять на то, как проводятся исследования, и гарантировать, что результаты улучшают условия жизни человечества за счет улучшения экологических показателей и минимального риска для пользователей технологий. В частности, концепция экономичного инженерного проектирования должна быть сбалансирована с аспектами отказобезопасности и пониманием надежности материалов и продукции. Во многих случаях эти аспекты заложены в конструкцию исследований, но хорошие результаты инженерных исследований потребуют независимой проверки не только самих исследований, но и применимости систем, разработанных на основе этих результатов. Кодексы этики и их значимость обсуждаются в Разделе 1.4.

Исследовательский проект не завершен, пока результаты не будут публично представлены для комментариев и отзывов других экспертов в данной области. Таким образом, публикация результатов в открытой, рецензируемой, международной литературе и/или презентация на встрече исследовательских коллег является важнейшим требованием любого исследовательского проекта. Только когда результаты исследований были проверены соответствующими коллегами, исследователи могут заявить о создании новых знаний. Это означает, что работа, проведенная в секретности (например, в военном исследовательском учреждении, в исследовательской лаборатории с высоким уровнем безопасности или в других частных местах), не способствует созданию мирового фонда знаний и, следовательно, не может быть описана как исследование.

**ПРИМЕР 1.3. Необоснованные заявления**

Заявления о том, что сверхсекретные исследования правительства США выявили существование неопознанных летающих объектов и посадку внеземных существ, никогда не подвергались международному контролю и, следовательно, не могут считаться вкладом в создание новых знаний.

Некоторые заявления ароматерапевтов, хиропрактиков, водоискателей и т. д. никогда не были подтверждены строгим научным исследованием и, следовательно, не способствуют созданию новых научных или инженерных знаний.

Таким же образом, поиск предыдущих публикаций и патентов не является исследованием. Таким образом, когда ученик начальной школы проводит "исследование" Великой китайской стены, копируя результаты, найденные с помощью поисковой системы, это не является строгим научным или инженерным исследованием. Этот ученик собирает хорошо известную и ранее задокументированную информацию. Это важное различие: результаты исследований, которые являются новыми для исследователя, но хорошо известны другим, не представляют собой оригинальное, публикуемое исследование. Как логическое следствие этого аргумента, любое оригинальное исследование должно четко идентифицировать все соответствующие предыдущие работы, прежде чем авторы смогут заявить, что они разработали новые знания. Это может быть значительным вызовом, так как объем опубликованных работ продолжает расти ускоренными темпами.