

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ФСА .....	9
2. УЛУЧШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ .....	28
3. ПРИМЕР АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ .....	49
4. ФСА ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ .....	54
5. ФСА УСТРОЙСТВА ЗАБИВНЫХ СВАЙ .....	83
6. ФСА УСТРОЙСТВА БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ .....	115
7. ФСА ПРОИЗВОДСТВА КРОВЕЛЬНЫХ РАБОТ .....	142
8. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....	175
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ПО ФСА ПРОЦЕССОВ .....	182
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ДАННЫЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОГРУЖЕНИЯ ГОТОВЫХ СВАЙ .....	189
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ДАННЫЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ УСТРОЙСТВА БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ .....	197
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	211

# ВВЕДЕНИЕ

Функционально-стоимостной анализ (ФСА) — метод системного исследования функций объекта с целью поиска баланса между себестоимостью и полезностью [1–3]. Начало методу положили наработки советского инженера Ю. М. Соболева (позлементный экономический анализ, ПЭА) и американца Л. Д. Майлса (value analysis/value engineering, VA/VE). Термин «функционально-стоимостной анализ» введен в 1970 г. Е. А. Грампом [4, 5]. В США применяется термин value engineering analysis — стоимостной инженерный анализ [5].

Изначально существовали две школы ФСА: если в западных странах, а начиная с 1970-х гг. также в СССР применялись идеи Лоуренса Майлса, то в ряде стран Восточной Европы (ГДР) ФСА развивался под влиянием трудов Ю. М. Соболева [6].

За последние десятилетия в отечественной практике развитии ФСА отмечались как спады, так и подъемы, причем этап, начавшийся в середине 1980-х гг. [7–9], характеризовался внедрением метода в различных отраслях, расширением сфер его применения и спектра решаемых задач [10–12]. В этот период вышли серьезные труды по теории ФСА, разработаны фундаментальные принципы, проверены на практике многочисленные приемы и методы по снижению затрат и повышению качества продукции, были защищены несколько кандидатских и докторских диссертаций, проведена всесоюзная межотраслевая выставка по ФСА, проводились семинары и международные конференции. Однако в начале 1990-х гг., когда в стране разразился глубокий экономический и политический кризис, наступил резкий спад и в использовании метода на предприятиях и в организациях, были ликвидированы созданные на предприятиях службы ФСА, практически прекращена переподготовка специалистов по функционально-стоимостному анализу и методам инженерного творчества в институтах повышения квалификации и учебных центрах, резко уменьшилось количество издаваемой литературы по ФСА, а накопленный опыт оказался невостребованным.

Сейчас, когда со стороны государства наметилось понимание необходимости подъема реальной сферы экономики, использование ФСА на производственных предприятиях может стать одним из основных средств решения этой задачи.

Основная цель проведения ФСА — обеспечение потребительских свойств объекта с минимальными затратами на их проявление. Задачами, обеспечивающими осуществление главной цели проведения ФСА, могут быть:

- повышение конкурентоспособности продукции;
- повышение качества объекта в целом или его составных частей;
- снижение затрат на производство;
- снижение материало-, фондо-, трудо- и энергоемкости;
- повышение производительности труда;
- замена дефицитных (в том числе импортных) материалов и комплектующих изделий;

- увеличение объема выпуска продукции без дополнительных капитальных вложений;
- ликвидация узких мест в производстве;
- снижение эксплуатационных и транспортных расходов;
- повышение экологичности производства;
- предупреждение, сокращение и устранение брака;
- разработка новых или совершенствование существующих конструкций, технологических процессов, систем организации труда и управления производством;
- прогнозирование развития объектов;
- решение других задач, направленных на повышение организационно-технического уровня и эффективности функционирования анализируемых систем.

ФСА изделий может проводиться как путем одновременного охвата всех стадий жизненного цикла продукции (главным образом при разработке новых изделий и, как правило, при существенной модернизации уже освоенных изделий), так и путем более детального анализа каждой из этих стадий. Разработке нового изделия на основе ФСА предшествует, как правило, проверка обоснованности технических требований, выданных заказчиком.

В результате проведения ФСА должны снизиться затраты на единицу полезного эффекта, что достигается путем:

- улучшения потребительских свойств объекта при одновременном сокращении затрат, а также при их сохранении или экономически оправданном увеличении;
- сокращения затрат при сохранении или обоснованном снижении функциональных параметров объекта до необходимого уровня.

Такие результаты получаются либо благодаря нахождению нового решения (принципа действия), либо путем обоснования уже известного решения, реализация которого сделает анализируемый объект приемлемым с позиций интересов и потребителя, и производителя.

В первые десятилетия существования СССР вопросам снижения себестоимости продукции уделялось большое внимание. Так, второй пятилетний план (1933–1937 гг.) предусматривал снижение розничных цен на 25%; по результатам пятилетки было достигнуто общее снижение себестоимости на 10,3%. В ходе Великой Отечественной войны себестоимость всех видов советской военной продукции в 1944 г. оказалась меньше по сравнению с 1940 г. в среднем на 50%.

Ещё в 1930-е гг. понятием функциональной модели пользовался авиаконструктор Р. Л. Бартини, однако первой теоретической работой по снижению себестоимости изделий стала книга Н. А. Бородачёва «Анализ качества и точности производства» (1946 г.). Проведенный автором анализ одного из приборов позволил сократить число используемых деталей на 22%. В 1948–1952 гг. в советской печати был опубликован ряд работ о созданном инженером-конструктором Пермского телефонного завода Ю. М. Соболевым методе поэлементного экономического анализа (ПЭА) конструкции. Будучи применен

к отработке узла крепления микротелефона, метод ПЭА позволил добиться сокращения перечня применяемых деталей на 70%, расхода материалов на 42%, трудоемкости на 69%, и в конечном счете себестоимости узла — в 1,7 раза. Однако широкого распространения в СССР методы Бартини, Бородачёва и Соболева не получили.

В 1969 г. заведующему лабораторией исследования зарубежного опыта управления института «Информэлектрон» Е. А. Грампу было поручено изучить опыт зарубежных предприятий по снижению затрат и повышению качества продукции [4, 5]. Благодаря его деятельности советские инженеры познакомилась с трудами Л. Д. Майлса. Также под руководством Е. А. Грампа на Московском заводе ПО «Электроруч» состоялись первые эксперименты по применению ФСА. По результатам экспериментов в 1974 г. в организациях ВПО «Союзэлектроаппарат» Министерства электротехнической промышленности СССР были учреждены подразделения ФСА. В 1976 г. было принято решение о внедрении ФСА на всех предприятиях Минэлектротехпрома, координацию работы возложили на лабораторию ФСА «ВНИИСтандартэлектрон». ФСА стал применяться также на предприятиях Минлегпищемаша, Минэнергомаша и Минэлектронпрома.

В 1982 г. ГКНТ СССР утвердил «Основные положения методики проведения функционально-стоимостного анализа». Положение о применении ФСА прозвучало в пункте 1.4 ГОСТ 15.001-88 «Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения». В ходе работы над методологией ФСА советские ученые расширили сферу его применения: объектом исследования стала не только конструкция изделий, но и технологические процессы, организация и управление производством, место в жизненном цикле изделия (работы А. Я. Кибанова [13], М. Г. Карпунина и Б. И. Майданчика [7, 8], Н. К. Моисеевой [9, 12], О. И. Чулкова), в том числе с учетом закономерностей развития техники (Г. С. Альтшуллер, С. С. Литвин, В. М. Герасимов, Б. Л. Злотин и др. [10, 14–17, 32, 33]).

В период 1986–1990 гг. каждый рубль, затраченный на проведение ФСА в электротехнической отрасли, давал экономический эффект от 5 до 15 руб. С начала 1990-х гг. спрос на ФСА в стране значительно упал, многие специалисты уехали за рубеж (в Израиль, Канаду, США, Финляндию, Юж. Корею).

В современных условиях противостояния ведущих мировых держав произошло понимание создания мощной экономической базы страны, ориентированной главным образом на отечественное сырье и производство. При этом такие инструменты совершенствования продукции и технологии, как ФСА, закономерности развития технических систем (ЗРТС), теория решения изобретательских задач (ТРИЗ), созданные в СССР, призваны дать мощный экономический и инновационный толчок народному хозяйству страны, в том числе строительной отрасли.

Хороший изобретатель, как правило, владеет 1–2 сильными приемами разрешения технических противоречий, в ТРИЗ их 40, т. е. в 20 раз больше. За свою жизнь активно работающий инженер «нащупывает» 2–3 эффективных сочетания типа «прием разрешения технического противоречия — физический

эффект», в ТРИЗ таких сочетаний в 25 раз больше. В технических вузах изучают примерно 50 физических эффектов, в ТРИЗ разработано около 600 примеров применения физических, химических, геометрических эффектов, т. е. в 12 раз больше. Общий коэффициент интеллектуальности, потенциал инженера, владеющего ТРИЗ и ФСА, будет равен  $20 \times 25 \times 12 = 6000$ . Работая с ТРИЗ и ФСА, инженер повышает свои возможности в 6000 раз [14].

Цель применения ФСА в процессе работы студентов над дипломным проектом [18, 19] состоит в том, чтобы, применяя профильные знания и навыки, выйти на новое техническое решение путем составления компонентной, функционально-стоимостной модели рассматриваемой системы (в данном случае система — это технология), определить «критические» операции, имеющие второстепенные функции и/или значительную стоимость выполнения, провести их «свертывание», а также выявить нежелательные эффекты технологии [20]. На основе анализа студент формулирует задачи, которые можно решить методами ТРИЗ [21, 22]. Результатом использования ФСА в выпускных квалификационных работах является усовершенствованная технология с меньшими материальными, трудовыми и энергетическими затратами [23–25].

Процесс строительства многофакторный, многозадачный, многообъектный, как следствие степень ответственности и распределение значимости участников инвестиционно-строительных проектов нашли свое отражение в профессиональных стандартах:

Специалист в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности, утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 28 декабря 2015 г. № 1167н;

Специалист в сфере информационного моделирования в строительстве, утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 16 ноября 2020 г. № 787н;

Специалист в области механики грунтов, геотехники и фундаментостроения, утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 6 апреля 2021 г. № 215н;

Организатор строительного производства, утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 26 июня 2017 г. № 516н;

Специалист в области производственно-технического и технологического обеспечения строительного производства, утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 29 октября 2020 г. № 760н;

Специалист в области обеспечения строительного производства строительными машинами и механизмами, утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 18 июля 2019 г. № 505н;

Специалист в области проектирования металлических конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения, утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 13 марта 2017 г. № 269н;

Специалист в области планово-экономического обеспечения строительного производства, утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 18 июля 2019 г. № 504н;

Специалист в области оценки качества и экспертизы для градостроительной деятельности, утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 30 мая 2016 г. № 264н;

Специалист по эксплуатации гражданских зданий, утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 31 июля 2019 г. № 537н.

По состоянию на конец 2023 г. выпущено около 70 профессиональных стандартов, напрямую касающихся специалистов строительной отрасли. В целом совокупность специалистов, соответствующая вышеприведенным профессиональным стандартам, должна обеспечивать выполнение федеральных программ за счет организации коллективов, реализующих строительные проекты, и достижения целей строительной отрасли — улучшения жилищных условий не менее 5 млн семей ежегодно и увеличения объема жилищного строительства не менее чем до 120 млн м<sup>2</sup> в год, т. е. примерно в 1,5 раза.

Ввод в действие профессиональных стандартов привел к изменению требований к специалистам, к росту их квалификационного уровня, а также к учебному процессу, и, как следствие, к необходимости корректировки учебного курса для студентов, магистров и бакалавров строительных специальностей. Несмотря на то что в стандартах нет прямого указания на методы ТРИЗ и ФСА, описаны требования, для соответствия которым необходимо владеть этими методиками.

Цель настоящего пособия — формирование у выпускников магистерских курсов по профилю «Строительство» навыков и компетенций, установленных профессиональными и образовательными стандартами, при выполнении профессиональной работы с использованием ФСА и ТРИЗ для решения задач повышения производительности строительной отрасли.

# 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ФСА

Системный и функциональный подходы являются основой функционально-стоимостного анализа (ФСА) — метода снижения издержек и роста эффективности. Большое количество работ в последнее время и новые расширенные варианты применения метода позволяют считать, что ФСА не только не утрачивает своего значения в настоящее время, но и становится все более действенным инструментом обновления не только технических систем, но и бизнес-процессов, процессов управления качеством продукции и т. д.

*Основной постулат ФСА* — объективное и постоянное наличие резервов развития у любой искусственно создаваемой системы. Другими словами, нет (и не будет) идеальных систем, важно уметь находить недостатки и пути их устранения.

В частности, наличие резервов повышения эффективности любых производственных систем можно проиллюстрировать формулой

$$C = \Sigma C_{fn} + \Sigma C_{fu},$$

где  $C$  — суммарные затраты на разработку, производство и эксплуатацию системы;  $\Sigma C_{fn}$  — сумма функционально-необходимых затрат (на разработку, производство и эксплуатацию элементов, выполняющих полезные функции системы);  $\Sigma C_{fu}$  — сумма функционально-избыточных затрат (на разработку, производство и эксплуатацию элементов, выполняющих вредные и ненужные функции системы).

ФСА базируется на трех теоретических принципах (подходах): системном, функционально-структурном и стоимостном.

Специфика функционального подхода требует увязки затрат с функциональными особенностями объектов, их структурой и технологией создания (изготовления). Иными словами, должен работать принцип соответствия значимости функций (полезности действий, элементов, связей, реализующих эти функции) и затрат на их осуществление, позволяющий различать функционально-необходимые и излишние затраты. Существуют различные методы, позволяющие оценивать и распределять затраты на функции, например метод экспертных оценок, математические методы и т. д. Обычно такая оценка крайне затруднена и на практике чаще оценивают затраты труда, материалов, энергии на отдельные элементы систем.

Во времена экономической нестабильности этот подход вообще затруднительно реализовать, так как некоторые статьи затрат не поддаются объективным оценкам.

Качественное проведение ФСА требует знания техники, экономики, теории управления, ТРИЗ и других наук. Поэтому его должна проводить группа специалистов различных профессий. Руководителем такой группы должен быть специалист по ТРИЗ, владеющий методами постановки и решения задач на творческом этапе.

Коллективная работа специалистов в составе одной рабочей группы способствует разностороннему и объективному анализу.

Общая цель проведения ФСА — исключение функционально-избыточных затрат на создание, производство и эксплуатацию искусственно создаваемой системы и повышение ее функциональности. С точки зрения ТРИЗ это повышение идеальности системы.

В каждом конкретном случае цели ФСА могут быть определены как частные, более узкие и целенаправленные. Например, в производственной сфере они могут выглядеть как:

- повышение конкурентоспособности продукции за счет расширения функциональности;
- повышение качества объекта в целом или его составных частей;
- снижение затрат на производство; снижение материалоемкости, фондоемкости, трудоемкости, энергоемкости; повышение производительности труда; замена дефицитных (в том числе импортных) материалов и комплектующих изделий; увеличение объема выпуска продукции без дополнительных капитальных вложений и др.;
- ликвидация «узких мест» в производстве;
- снижение эксплуатационных и транспортных расходов;
- повышение экологичности производства;
- предупреждение, сокращение и устранение брака;
- разработка новых или совершенствование существующих конструкций, технологических процессов, систем организации труда и управления;
- прогнозирование развития систем.

В непроизводственной сфере целями ФСА могут стать:

- оптимизация структуры фирмы, торгового предприятия, банка;
- совершенствование документооборота фирмы;
- реализация проектов цифровизации;
- совершенствование технологии рекламной и маркетинговой деятельности фирмы;
- прогнозирование развития коммерческих структур.

Работы по ФСА рекомендуется включать составной частью в процесс управления научной и хозяйственной деятельностью предприятия в интересах повышения его жизнеспособности. Это особенно важно в условиях действия рыночных регуляторов производства.

Работа при проведении анализа проводится, как правило, за несколько последовательных этапов: подготовительного, информационного, аналитического, творческого, исследовательского, рекомендательного, внедренческого.

Кратко опишем содержание работ на этапах ФСА.

*Подготовительный этап* включает:

- выбор объекта ФСА;
- составление графика проведения работ;
- формирование временной рабочей группы (ВРГ). Количественный состав такой группы 8–10 человек, специалистов различного профиля (в зависимости от целей ФСА);
- формирование экспертной комиссии по приемке результатов ФСА;



- подготовка и выпуск приказа на проведение анализа или заключение договора, если работа проводится сторонней организацией.

*На информационном этапе* выполняется:

- сбор и предварительная оценка собранной информации;
- построение информационной модели системы.

Рекомендуется сбор только минимума данных, необходимых для начала работ. Такая информация может включать:

- первичные данные о структуре системы;
- комплект документов, описывающих взаимодействие элементов структуры системы или технологию процессов, происходящих в системе;
- существующие нормы (ГОСТ, ТУ, СП СанПин и пр.);
- перечень известных нежелательных эффектов (НЭ), относящихся к системе;
- затраты на создание, функционирование и обслуживание системы.

При проведении ФСА конструкции минимум документов включает:

- маршрутный технологический процесс сборки изделия в целом и сборки узлов;
- полный комплект конструкторской документации;
- перечень основных дефектов, возникающих при изготовлении и эксплуатации изделия;
- калькуляцию себестоимости изготовления узлов и деталей изделия (или данные по трудоемкости, материалоемкости, энергоемкости);
- патентную информацию по изделию.

При проведении ФСА технологических процессов необходим следующий минимум информации:

- тип производства;
- документы, регламентирующие технологический процесс, маршрутные и информационные карты исследуемого процесса;
- калькуляция себестоимости изделия, выпускаемого по данному техпроцессу;
- план выпуска изделия (на год и на перспективу);
- сведения о рацпредложениях и изобретениях, относящихся к объекту ФСА.

На информационном этапе строится компонентная модель системы и проводится ее структурный анализ в соответствии с рассматриваемой стадией ее жизненного цикла.

Основная цель *аналитического этапа* — построение структурной, функциональной, параметрической, стоимостной моделей анализируемой системы, формирование функционально-идеальной модели (ФИМ) объекта и постановка задач по ее реализации.

На *творческом этапе* ФСА решаются обнаруженные задачи и разрабатывается комплекс предложений, обеспечивающих совершенствование исходной системы.

На этом этапе проводятся следующие работы: классификация задач по наличию противоречия; решение задач, не содержащих противоречия; решение задач с противоречиями методами ТРИЗ; выявление сверхэффектов от полученных решений; формулирование предложений по переходу к усовершенствованному объекту ФСА.

На *исследовательском этапе* проводится предварительная оценка полученных решений, опытная проверка и анализ различных вариантов, отбор наиболее ценных решений для предоставления в экспериментальную группу. Оценивается также эффект от найденных решений и прогнозирование дальнейшего развития объекта.

Цель *рекомендательного этапа* — экспертиза предложений ВРГ, отбор наиболее эффективных и выработка рекомендаций по их внедрению.

Заключительным является *этап внедрения*. На этом этапе ведутся работы, обеспечивающие реализацию рекомендаций ФСА. На рисунке 1.1 показаны этапы проведения ФСА с применением ТРИЗ.

Как показывает практика, освоение ФСА и ТРИЗ — трудоемкий и длительный процесс, в котором основная нагрузка ложится на обучаемого, и не все с такой задачей справляются. Оптимизировать освоение можно, проведя разбор нескольких технических систем в программе «Анализ и синтез систем» (АиССт). При проведении анализа системы по программному алгоритму большинство ошибок исключается. Через несколько этапов анализа первой системы формируются начальные навыки применения ФСА. Обычно это может занять суммарно от 8 до 16 ч на первой системе, на этапе освоения методики.

Затем необходима проработка еще 4–5 систем, связанных со вторичными задачами, выявленными при первом анализе. После данного цикла проработки технических систем через ФСА может появиться устойчивый навык владения компетенциями создания новых инновационных решений, установленными профстандартами на основе ФСА.

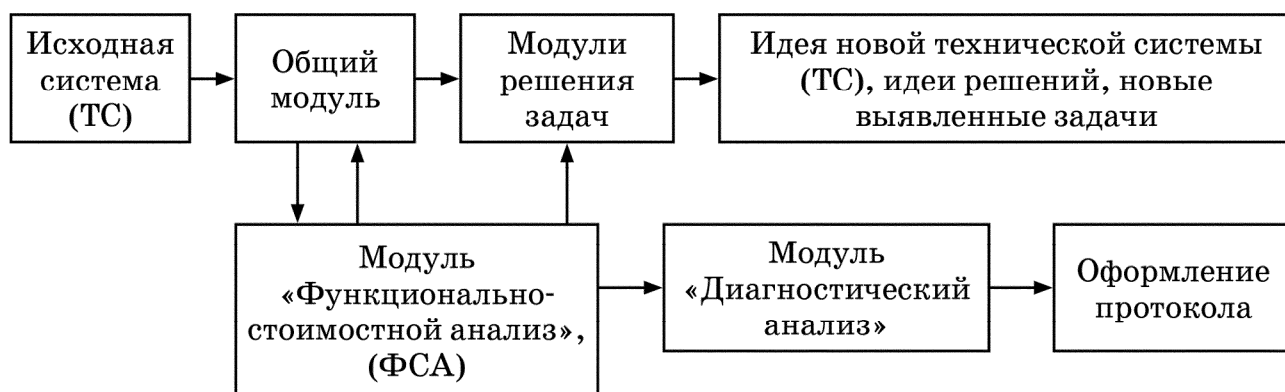
На рисунке 1.2 представлены модули программы АиССт. В общем модуле вводится описание системы — компоненты, связи, свойства, первичные нежелательные эффекты (НЭ). В зависимости от конечной цели пользователь программы может выбрать вариант продолжения анализа системы или перейти к решению конкретной задачи по устранению НЭ. Модуль ФСА предназначен для построения функциональной и параметрической модели, в этом модуле определяются уровни исполнения функций и проводится ранжирование функций, составляется список НЭ, формируемых из вредных функций, несоответствия уровня выполнений функций, функций с низким рангом и иных НЭ.

В модуле диагностического анализа устанавливается соответствие затрат на элементы системы с уровнем и значимостью выполняемых функций. Данный модуль предназначен для выявления нежелательных эффектов, связанных с затратами. Модуль решения задач предназначен для поиска решений по устранению НЭ. В основе модуля — приемы разрешения противоречий. В данном модуле НЭ переводится в типовое обобщенное противоречие, и пользователь получает рекомендации по применению приемов разрешения противоречий. Каждый прием иллюстрируется примерами задач-аналогов. Решатель фиксирует появляющиеся идеи. Программа фиксирует идеи и формирует протокол решения задачи.

Дальнейшая работа подразумевает инженерную доработку идеи, проведение конструкторских расчетов для полученной идеи. Оформлением заявки на патент пользователь занимается самостоятельно.



**Рис. 1.1**  
Этапы проведения ФСА с применением ТРИЗ



**Рис. 1.2**

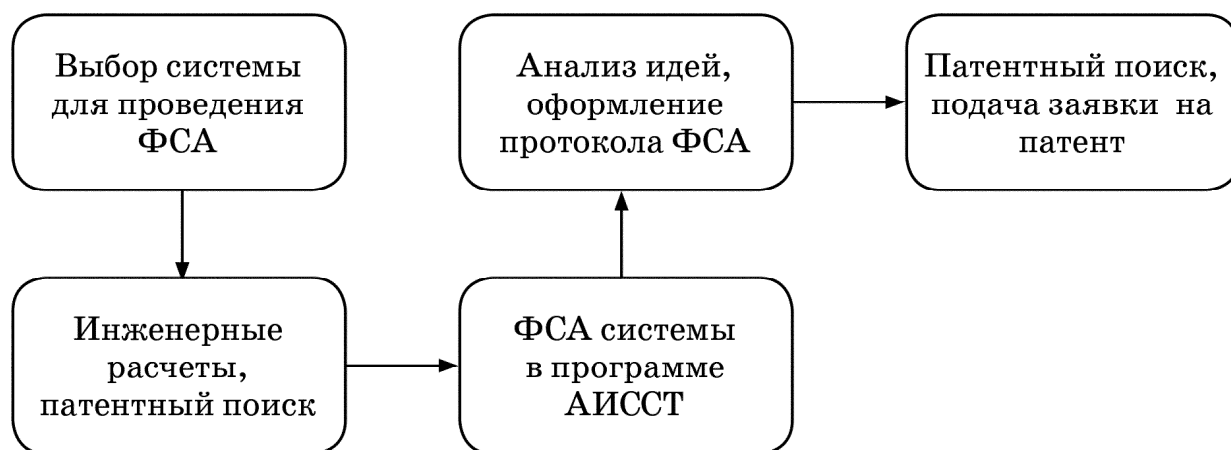
*Проведение ФСА системы с помощью программы «Анализ и синтез систем» (AuCCSt)*

В большинстве случаев перед проведением анализа системы необходимо проведение инженерного анализа — проработка конструкторских и технологических моделей. Студенты при такой предварительной проработке лучше понимают анализируемую систему, качество владения ФСА становится выше. На рисунке 1.3 приведен рекомендуемый алгоритм освоения ФСА обучающимися.

В практике и теории ФСА большее внимание уделялось системам типа «конструкция». И хотя системный подход, и, естественно, методы ФСА обладают общностью для систем разных типов, работа с системами типа «процесс» обладает некоторыми особенностями, на которых мы и сосредоточим свое внимание. Начнем с некоторых определений.

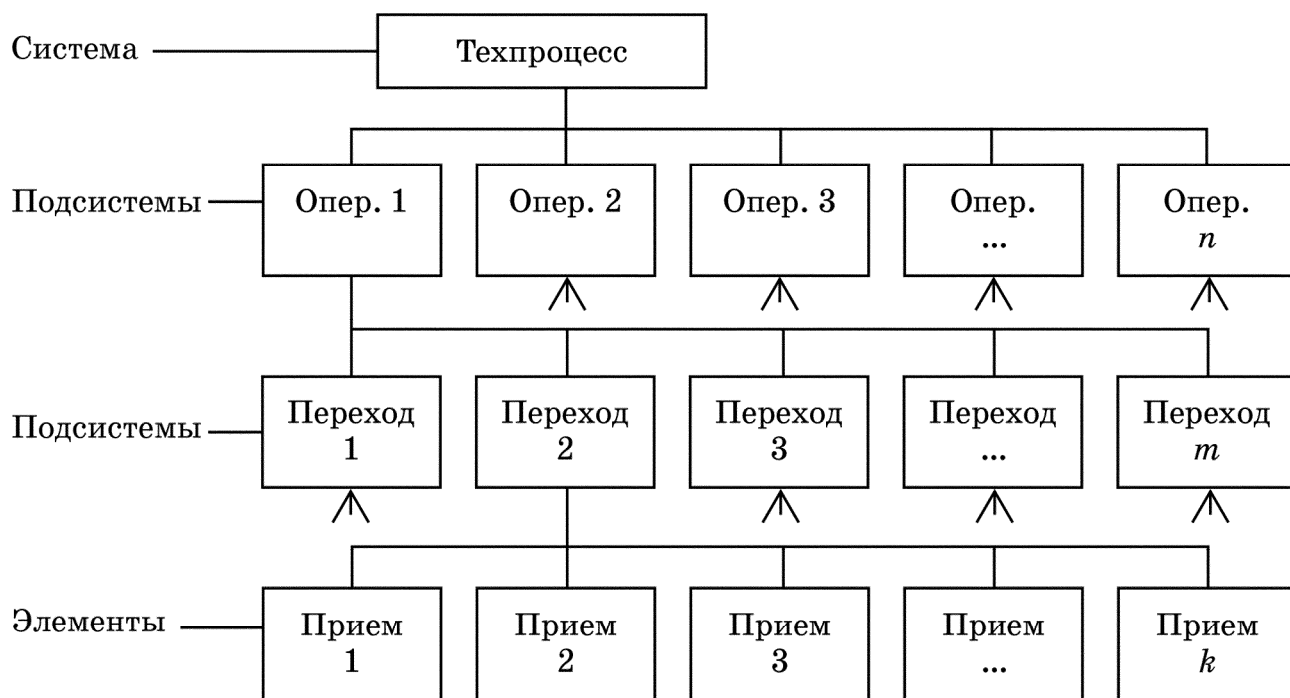
Технологический процесс — совокупность операций, выполняемых в определенной последовательности (рис. 1.4).

В результате процесса сырье превращается в готовое изделие или создаются определенные услуги. Это определение практически полностью отвечает понятию системы. Техпроцесс как система обладает всеми системными признаками: структурой, функциональностью и системными свойствами. Системные свойства техпроцессов проявляются, прежде всего, в их технико-экономических показателях: производительности, себестоимости продукции, показателях качества.



**Рис. 1.3**

*Рекомендуемый алгоритм освоения ФСА через анализ реальной системы*



**Рис. 1.4**

*Структура технологического процесса*

Структура техпроцессов иерархическая (см. рис. 1.4), со всеми присущими особенностями. Операция как подсистема является нормируемой частью техпроцесса, т. е. для нее рассчитывается себестоимость, определяется штучное время, норма выработки и т. д. Отсюда необходимо построение структуры до 4-го уровня, до приема.

Прием — однофункциональная часть перехода, является элементом техпроцесса и конечным уровнем его разбиения.

Надсистемой технологического процесса является производственный процесс как совокупная деятельность людей по выпуску определенной продукции (рис. 1.5).



**Рис. 1.5**

*Производственный процесс*

Функциональность техпроцесса заключается в выполнении функций, необходимых для создания новой системы или новых изделий, элементов. По сути дела, весь техпроцесс, начиная от приема, перехода и операции, записывается в функциональном виде. Функциональная модель техпроцесса, ее исследование, по вышеприведенным причинам имеет особое значение.

*Пример.* Операции техпроцесса по ремонту потолка:

- очистка потолка от побелки или краски;
- грунтовка потолка;
- выравнивание потолка шпаклевкой;
- покраска потолка водоэмульсионной краской.

Если площадь покраски потолков большая, расположена в нескольких комнатах, то работы могут вестись параллельно.

При анализе существующего процесса решаются задачи выявления нежелательных эффектов (НЭ) и их устранения. Для системного поиска НЭ используются различные методики: структурный, функциональный, диагностический и другие виды анализа.

Структурный анализ процессов не дает полного описания, поэтому предлагается использовать функциональный анализ, анализ принципа действия (ПД), проблемных операций, ресурсный анализ и построение ФСА-диаграмм техпроцессов.

По каждому из параметров функция может быть выполнена адекватно, когда выполняется условие

$$P_{i\min} \leq P_{i\phi} \leq P_{i\max},$$

где  $P_{i\phi}$  — фактическое значение параметра;  $P_{i\min}$ ,  $P_{i\max}$  — соответственно минимально допустимое и максимальное значение параметра.

Однако и функция может быть выполнена неадекватно (недостаточный или избыточный уровни), если имеют место условия

$$P_{i\phi} < P_{i\min}, \quad P_{i\phi} > P_{i\max}.$$

В любом случае при выполнении этих условий мы имеем недостаток в системе, т. е. нежелательный эффект. В результате исследования мы получаем банк НЭ, который может быть преобразован в причинно-следственный граф по специальной методике. Граф позволяет выделить ключевые НЭ (первопричинные), по ним формулировать задачи, решать и устранять, таким образом, всю сеть недостатков.

С учетом функционального анализа схема (рис. 1.3) может быть преобразована и дополнена (рис. 1.6).

Таким образом, функциональный анализ представляет большие возможности по поиску НЭ и устранению функциональных недостатков технологических процессов.

Известно, что чаще всего ФСА в технологии используется в корректирующей форме, т. е. когда имеющийся технологический процесс нуждается в повышении идеальности, прежде всего выражающейся в снижении затрат. В проектировании техпроцессов есть вопросы, в которых просто необходимо использо-

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)