

Архитектура АСУ ТП

Полное наименование курса

Основы архитектуры автоматизированных систем управления технологическими процессами

Цель дисциплины

Обучение теоретическим основам организации, проектирования, разработки, эксплуатации и сопровождения автоматизированных систем управления технологическими процессами, а также получение начальных практических навыков разработки управляющего программного обеспечения на языках технологического программирования.

Архитектура АСУ ТП

Результаты освоения дисциплины

Знания

- понятийного аппарата (терминологии) дисциплины;
- требований к системам и средствам автоматизации;
- принципов организации систем и средств автоматизации;
- методов проектирования, разработки и внедрения АСУ ТП;
- возможностей сред разработки технологического ПО;
- проблем надежности функционирования АСУ ТП.

Умения

- разработка программ контроля и управления технологическими процессами в режиме реального времени.

Навыки

- применение языков технологического программирования (рекомендация IEC-61131);
- использование сред разработки технологического программного обеспечения.

Понятийный аппарат

*Случается, что опаздываешь не потому, что не успеваешь,
а потому, что до этого шёл не в нужном направлении.*

*Многие вещи нам непонятны не потому, что наши понятия слабы,
но потому, что сии вещи не входят в круг наших понятий.*

Козьма Петрович Прутков

Литературная маска

Алексея Константиновича Толстого

и братьев Жемчужниковых (1803 – 1863)

Ученый муж готов умереть за того, кто его понимает.

Сыма Цянь

«Исторические записки»

*Блажен тот, кто ничего не знает:
он не рискует быть непонятым.*

Конфуций

Понятийный аппарат

Я знаю, что я ничего не знаю.

Сократ

(нет ни одного письменного источника)))

Принцип познавательной скромности

Вообразим, что всё наше знание — это внутренность шара,
а незнание — внешность шара.

Чем больше становится наше знание,
тем больше становится площадь поверхности шара,
а, следовательно, наше соприкосновение с неведомым.

NB

*Когда оппонент категорически заявляет:
«Это моя точка зрения, и я на ней настаиваю!»,
это обычно означает, что он не знает
практически ничего о предмете обсуждения.
Ведь площадь поверхности точки равна нулю.*

Фундаментальные знания

*Знание немногих закономерностей
избавляет от знания многих фактов.*

*Знание базовых принципов освобождает голову и руки
от необходимости поиска недостающих фактов.*

перифразы мыслей Гельвеция

Гельвеций Клод Адриан

Being once arrived at those general and simple principles,
the knowledge of the facts, that had raised us to them,
would be no more than a frivolous science,
and all the libraries filled with these facts
would become useless.

Когда мы постигнем эти общие и простые основы,
знание фактов, которые привели нас к ним,
станет не более чем легкомысленной наукой,
и все библиотеки, наполненные этими фактами,
станут бесполезными.

Фундаментальные знания

Ученый спор

Самуил Маршак

*Вольный перевод стихотворения
Джона Годфри Сакса (1816—1887)*

Слепцы, числом их было пять,
В Бомбей явились изучать
Индийского слона.

Исследовав слоновий бок,
Один сказал, что слон высок
И прочен, как стена.

Другой по хоботу слона
Провел рукой своей
И заявил, что слон — одна
Из безопасных змей.

Ощупал третий два клыка,
И утверждает он:
— На два отточенных штыка
Похож индийский слон!

Первоисточник — древнеиндийская притча

Слепец четвертый, почесав
Колено у слона,
Установил, что слон шершав,
Как старая сосна.

А пятый, подойдя к слону
Со стороны хвоста,
Определил, что слон в длину
Не больше чем глиста.

Возникли распри у слепцов
И длились целый год.
Потом слепцы в конце концов
Пустили руки в ход.

А так как пятый был силен, —
Он всем зажал уста.

**И состоит отныне слон
Из одного хвоста!**

Архитектура (Организация)

Архитектура системы

https://normative_reference_dictionary.academic.ru/3740/архитектура

Базовая организация системы,
воплощенная в ее компонентах,
их отношениях между собой и с окружением,
а также принципы, определяющие
проектирование и развитие системы.

[ИСО/МЭК 15288:2008, определение 4.5]

Набор элементов конструкции или описательных представлений,
необходимый для такого описания объекта, чтобы
он мог быть создан в соответствии с требованиями (с нужным качеством),
а также обслуживаться в течение всего срока его жизненного цикла.

Конкретная конфигурация элементов аппаратных средств и
программного обеспечения системы.

(Общераспространенное, но слишком узкое понятие.)

Архитектура (Организация)

*Мы выбираем конкретную архитектуру потому,
что не можем по другому организовать
успешную работу изделия
на всем жизненном цикле*



*Извините!
Лучше не можем!..*

Жизненный цикл системы

Совокупная стоимость владения

Total Cost of Ownership

Суммарный расход ресурсов владельца (время, деньги, материалы и т.д.)
в течение всего срока обладания объектом
(от смутного желания владеть объектом до его полного отчуждения).

Первоначальные затраты

+ Затраты на эксплуатацию

+ Затраты на демонтаж

Общие затраты = Прямые затраты + Косвенные затраты

Пример косвенных затрат: расходы на взаимодействие с пользователями системы (консультирование, обучение, техническая поддержка, ...).

Суммарные косвенные затраты могут быть значительно больше 50% ССВ (ТСО).

Полная стоимость объекта

**[честная сумма всех затрат всех причастных на всем жизненном цикле]
заведомо больше суммы всех «подсчитанных» затрат.**

Технология

Технология (методика, способ производства)

Техно — искусство, мастерство, умение

Логос — мысль, причина

в широком смысле

Совокупность методов, процессов и материалов,
используемых в какой-либо отрасли деятельности,
а также научное описание способов технического производства.

в узком смысле

Комплекс операций, приемов и организационных мер,
направленных на изготовление, обслуживание,
ремонт и/или эксплуатацию изделия
с номинальным качеством и оптимальными затратами,
***и обусловленных текущим уровнем развития
науки, техники и общества в целом.***

Технологии бывают только отечественные!

приписывают Дмитрию Ивановичу Менделееву

Технологический процесс

Совокупность приемов и способов получения, обработки, переработки и транспортировки сырья, материалов, полуфабрикатов или изделий, осуществляемая в различных отраслях промышленности в целях получения продукции с заданными свойствами.

Непрерывная или периодически (циклично) работающая последовательно взаимосвязанная цепь оборудования и агрегатов, соединенных (объединенных) различными транспортными коммуникациями (трубопроводами, конвейерами и т.п.).

Практически любой технологический процесс можно рассматривать как часть более сложного процесса и совокупность менее сложных (в пределе — элементарных) технологических процессов.

Элементарным технологическим процессом или технологической операцией называется наименьшая часть технологического процесса, обладающая всеми его свойствами.

Технологический процесс. Эволюция

Ручной труд

Продукция = {Технологический Объект} + ({Человек} + {простая Программа})

Кустарное производство

Продукция = ТО + ((Ч + ТПЧ) + {примитивные Орудия Труда})

[Технологическая Программа в голове у Человека]

Фабричное производство (Наука + Инженерное дело)

Продукция = ТО + ((Ч + ТПЧ) + {Механизмы})

Автоматизированное производство

Продукция = ТО + ((Ч + ТПЧ) + {Средства Промышленной Автоматизации})

СПА = {Технические Средства} + {Программные Средства} = ТСА + ТПА

{Технологическая Программа} = ТПЧ + ТПА

***Машина поручает человеку то,
что человек не смог поручить машине***

Автоматическое производство

Продукция = ТО + СПА

Инженерное дело

Инженерия

<https://en.wikipedia.org/wiki/Engineering>

1. Наука по созданию машин и сооружений, которые помогают людям.
2. Использование научных принципов для проектирования и строительства машин, сооружений и других объектов, включая мосты, туннели, дороги, транспортные средства и здания.

Это в корне неверное представление!

<https://habr.com/ru/post/427195/>

*«Завтра мы начнём вас убивать» или
«Зачем нужны инженеры»*

**Инженерия — это наука по созданию машин и сооружений,
которые не убивают людей.**

Нет более важной цели, чем недопущение убийства человека машиной!

Инженерное дело — это огромный, колоссальный накопленный объём знаний о том, что и как надо делать, ***чтобы никто не пострадал.***

Инженерное дело

Ученый изучает то, что существует,
а инженер создаёт то, чего еще никогда не было.

Доктор Т. Кэрмен

**Ученый не может не узнать.
Инженер не может не сделать.**

Инженерная задача

Нахождение предпочтительного метода
достижения желаемого результата
в заданных ограничениях.

Безопасно реализовать
требуемые функции,
с затребованным качеством,
в заданные сроки,
уложившись в бюджет.

Инженерное дело

Качество инженерного решения зависит от компетентности разработчиков.

*Настоящий летчик-испытатель
должен свободно летать на всем,
что только может летать,
и с некоторым трудом на том,
что, вообще говоря, летать не может.*

*Марк Лазаревич Галлай
Советский лётчик-испытатель,
участник Великой Отечественной войны,
писатель, Герой Советского Союза.*

Инженерное решение разрабатывают отличники так, чтобы его реализация была по силам хорошистам, а обеспечить эксплуатацию смогли даже троечники.

Техноэтика

Шесть основных ценностей техноэтики

- (1) благосостояние, (2) здоровье, (3) безопасность людей,
- (4) экологическое качество (сохранение природы и ноосферы),
- (5) развитие личности,
- (6) общественный прогресс

и две, относящиеся непосредственно к технике и имеющие относительно первых шести

обслуживающий характер:

- (7) функциональная пригодность и
- (8) экономичность.

(Так называемый «технико-экономический эффект»).

Выпуск изделий, не отвечающих требованиям 1—6, должен быть наказуем. Каждый разработчик, каждый руководитель проекта, каждый собственник должны понимать, что рано или поздно — но это наказание случится, и может стоить денег, репутации и всего бизнеса.

Техноэтика

Притча

Любые совпадения – случайны!

Однажды четыре мудреца —
философ, художник, инженер и политик —
собрались вместе и решили сотворить чудо для людей:
создать что-нибудь истинное, красивое,
совершенное по форме и полезное для общества.

Один сделал каркас,
другой обтянул его кожей,
третий наполнил пустоту плотью,
а четвертый вдохнул жизнь.

Но оказалось, что они создали
огромного голодного тигра,
который тут же сожрал всех четверых.

*Лютая тварь,
совершенная во всех отношениях,
на этом не остановилась ...*

Процесс пошёл!..

*Горбачев Михаил Сергеевич
Первый и последний президент СССР*

Сложные системы

Для сложной системы в принципе невозможно построить полностью адекватную модель.

Ричард Кук «Как ломаются сложные системы»

Все интересные системы (транспорт, здравоохранение, энергетика, ...) естественно и неминуемо опасны по своей природе.

Опасность – неотъемлемое свойство сложных систем.

Сложные системы содержат постоянно меняющуюся комбинацию скрытых сбоев.

Сложная система всегда работает, как поврежденная.

Сложные системы работают в режиме ограниченной производительности.

Катастрофа всегда рядом.

Катастрофы происходят при множественных сбоях.

Одиночных нарушений недостаточно.

При множественных отказах могут возникать *цепочки отказов*.

При возникновении цепочки взаимосвязанных отказов длиной четыре и более вероятность катастрофы становится практически стопроцентной.

Сложные системы и безопасность

<https://habr.com/ru/post/427195/> «Завтра мы начнём вас убивать» или «Зачем нужны инженеры»

По мере роста сложности система, составленная из кажущихся её авторам безопасными компонентов, становится опасной.

Инженерное дело никогда не опирается на тезисы вроде **«пока что никто от этого не пострадал»** — потому что на них уже опирались слишком многие, от рабочих завода Оппау, дробивших нитрат аммония взрывчаткой, *потому что раньше он никогда не детонировал* (561 погибший, более 1500 раненых, завод разрушен полностью, прилегающий город разрушен частично), до руководства NASA, продавившего разрешение на запуск шаттла «Challenger», *потому что «раньше прогары уплотнительных колец к аварии не приводили»*. (7 погибших).

«Мы наблюдали подобное явление [потерю пластин термозащиты корпуса корабля] в ходе нескольких предыдущих полётов и не имеем абсолютно никаких поводов для беспокойства о безопасности посадки».

Из письма руководителя последнего полёта шаттла «Columbia», до катастрофы (еще 7 погибших и закрытие всего проекта).

Цепочки отказов

Гвоздь и подкова (Баллада о гвозде) Самуил Маршак

Не было гвоздя — подкова пропала.	1 – 2	связанные отказы
Не было подковы — лошадь захромала.	2 – 3	связанные отказы
Лошадь захромала — командир убит.	3 – 4	аварийная ситуация
Конница разбита — армия бежит.	4 – 5 – 6	и ее
Враг вступает в город,	6 – 7	развитие
Пленных не щадя,	8	катастрофа
Оттого, что в кузнице		
Не было гвоздя.	первичный единичный отказ	

Образный пример катастрофического срыва при *одном* незначительном отказе.

Рекомендуется использовать в воспитательных целях, для всех возрастов.

Создатели и пользователи столь ненадежных систем профнепригодны.

Контрпример

Более 20 лет бессменным тренером команды альпинистов общества «Спартак» (Москва) был Виталий Абалаков (инженер-конструктор, заслуженный тренер и мастер спорта).

Под его руководством команда 12 раз выиграла чемпионат СССР по альпинизму.

За все это время в команде ни разу не было ни аварий, ни существенных ЧП.

Она была защищена от «случайностей» грамотным руководством, четкой организацией, тщательным отбором участников, отличной выучкой и железной дисциплиной.

Цепочки отказов

Пример. Столкновение двух пригородных электропоездов в «час пик».

Шедший в депо электропоезд ЭП1 столкнулся «лоб в лоб» с электропоездом ЭП2, производившим посадку пассажиров на узловой станции. Машинист ЭП2 не покинул свой пост и до последнего кричал по громкой связи «Все из вагонов!!!». Он сберег очень много жизней, но сам погиб.

Причины

1. Машинист ЭП1 значительно превысил скорость (*повлияло на [2], привело к [6]*), что критически сократило время развития аварийной ситуации (*см. [5]*).
 2. Неправильно сработала стрелочная автоматика и ЭП1 пошел не по той колее.
 3. Диспетчера не было на рабочем месте (*вышел кофе попить*).
 4. Диспетчер, вернувшись, не смог связаться с машинистом ЭП1 («мертвая зона»).
 5. Диспетчер связался со станцией, но там не успели ничего сделать (*см. [1]*).
 6. На ЭП1 не сработало экстренное торможение (*из-за большой скорости – см. [1]*).
- NB: В системе не было средств для экстренной остановки поезда по команде диспетчера.

По итогам разбора данного происшествия был разработан и реализован, по всей системе железнодорожного сообщения страны N, комплекс организационно-технических мероприятий, полностью исключающий подобное впредь.

Но аварии на железных дорогах страны не прекратились.

Долгоживущие системы

Проектирование

не менее полугода

Развертывание

не менее полугода

Опытная эксплуатация

не менее года

Промышленная эксплуатация

не менее 20 лет

Демонтаж

неопределенное время

Длительность жизненного цикла

20 – 30 лет и более

Унаследованное оборудование

значительная стоимость

Деградационные процессы

Износ, разрегулирование, расстройка, старение, ...

Обслуживание

борьба с энтропией

Технические и программные средства
изготовление запчастей и сопровождение программ

**Модернизация
Реконструкция**

Моральное старение

кадровые проблемы: Для сопровождения и эксплуатации системы нужны уникальные компетенции, не востребованные на рынке труда.

Необратимое накопление проблем

Списание