

Требования к АСУ ТП

*Чистые математики
предпочитают оставаться
чистыми математиками.*

*Норберт Винер.
«Я – математик»*

*Всё, что работает – несовершенно.
Всё, что совершенно – не работает.*

Инженерный фольклор

Классы сложности АСУ ТП

Простые системы управления

90% рынка

до 100 каналов (точек контроля и управления)

Простые задачи. Предсказуемость практически 100%.

Незначительная «цена ошибки» при сбоях.

Простота применения и обслуживания.

Возможно тиражирование решений.

Общепромышленные АСУ ТП

10% рынка

Небольшие объекты – до 2 тысяч каналов.

Невысокая сложность управления. Предсказуемость близка к 100%.

Небольшая «цена ошибки» при сбоях.

Повышенная сложность эксплуатации и обслуживания.

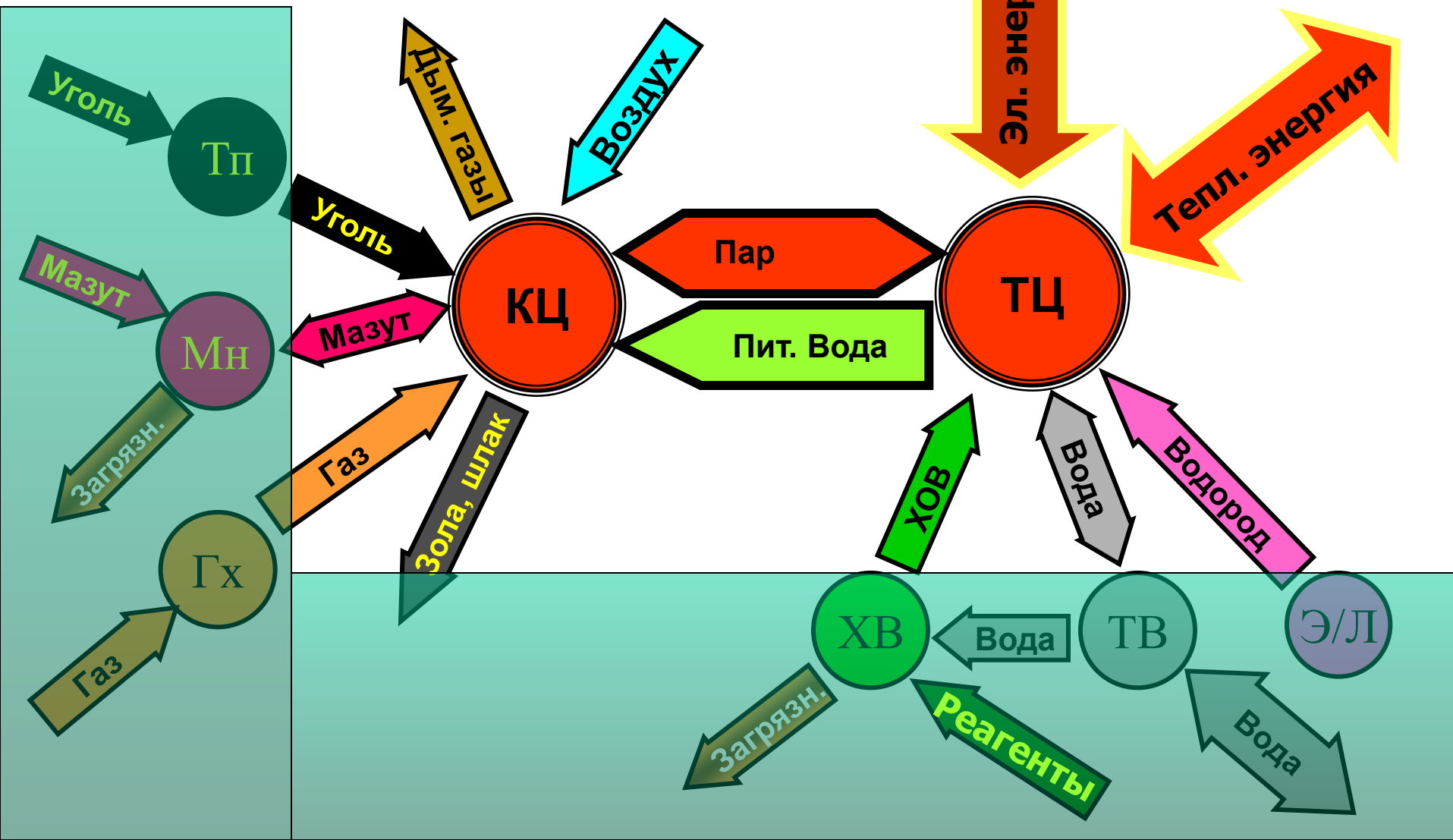
Возможна адаптация ранее реализованных решений.

Комплексные АСУ ТП

«штучные изделия»

Крупные объекты – более 2 тысяч каналов. Высокая сложность и неоднородность объекта управления и технологических функций, высокая скорость технологических процессов, большие объемы продукции и энергопотребления, весьма значительные потери при сбоях ... **Сложная система**

Управляемые и контролируемые потоки ТЭС и энергоблока





'WELL, HIGGINS, I SEE EVERYTHING'S UNDER CONTROL.'

Отлично, Хиггинс! Вижу, у Вас все под контролем.
(к вопросу о причинах забастовок авиадиспетчеров)

Общие системные требования

Безопасность

Предотвращение аварий и техногенных катастроф.

Охрана жизни и здоровья граждан.

Экологический контроль (управление выбросами).

Сохранность оборудования.

Защита от несанкционированного доступа.

Информационная безопасность.

Масштабируемость

Возможность наращивать количество однотипных узлов.

Пример: Добавление еще одного рабочего места оператора (без разработки).

Расширяемость

Возможность наращивать функционал системы.

Пример: Создание программных средств для проведения тренингов персонала.

Требования к АСУ ТП

Устойчивость к единичному отказу

Никакой единичный отказ не должен приводить к потере функциональности и/или к значительным производственным и иным потерям.

Обязательное требование к системам для любых объектов [гражданской] критически важной инфраструктуры.

Пример: Отказ отдельного датчика не должен приводить к остановке техпроцесса.

NB: Устойчивость к двум отказам и более – чрезвычайно «затратное» требование.

Крайне редко встречается при гражданском применении, часто – при военном применении.

Разрешающая способность

Качество (полнота) фиксации *существенных* событий, необходимое для удержания под контролем *конкретного* технологического процесса.

Пример:

Фиксация и обработка всех событий без исключения, длящихся более 100 миллисекунд.

Фиксация событий, длящихся менее 100 миллисекунд, не гарантируется.

Требования к АСУ ТП

Контроль и управление в темпе технологического процесса

Гарантированная согласованная обработка
всех текущих значений контролируемых параметров и
формирование необходимых управляющих воздействий
на технологический объект
в режиме реального времени.

Реальное время – это не «быстро», а «вовремя»

(Своевременно. Не позднее, чем. Но не «Как только, так сразу».)

Пример: Если до 12:00 первого рабочего дня очередного месяца не сдать отчет о проделанной работе за прошедший месяц, зарплату не выплатят.

«Жесткое» реальное время: Любое опоздание – катастрофа *(уже нечем управлять)*.

Необходимо обеспечивать преимущественно в средствах и системах контроля и управления для военного и космического применения.

«Мягкое» реальное время: При запаздывании возможны потери.

Необходимо обеспечить в АСУ ТП (гражданское применение).

Требования к АСУ ТП

Необходимая и достаточная частота выполнения цикла контроля и управления (*длительность цикла*)

(для каждого функционального узла по отдельности)

Цикл контроля и управления

Шаг 1. Считывание текущих значений контролируемых параметров из каналов ввода.

Шаг 2. Обработка текущих значений («**Управляющая логика**»: анализ состояния технологического процесса и формирование новых значений для каналов вывода.

Шаг 3. Обновление текущих значений каналов управления (**управляющее воздействие**).

ВВ: Управляющее воздействие всегда осуществляется с задержкой, оно не должно критически запаздывать и обязано быть адекватным.

Длительность цикла зависит от инерционности процесса.

Разгон-торможение поршня литейной машины	100 микросекунд
Релейная автоматика на подстанциях	1–2 миллисекунды
Робототехника (манипуляторы, проч.)	5–8 миллисекунд
Теплоэнергетика (энергоблоки)	более 30 миллисекунд

Нет необходимости более часто проверять состояние объекта управления и корректировать управляющие воздействия на него.

Но если делать это реже, можно потерять контроль над процессом.

Требования к АСУ ТП

Устойчивость к модификации

Отсутствие скрытого взаимного влияния компонент.

Пример: Доработка управляющей программы, нарушающая требования реального времени.

*Необходимая и достаточная длительность цикла контроля и управления: **100 миллисекунд***

<i>Программы, исполняемые в цикле</i>	<i>До модификации, тах</i>	<i>После модификации, тах</i>
П1	10 мс	15 мс
П2	20 мс	20 мс
П3	10 мс	15 мс
П4	30 мс	30 мс
П5	10 мс	25 мс
	80 мс	105 мс

Требования к АСУ ТП

Фиксация, агрегирование, архивирование, анализ информации о технологическом процессе и действиях персонала

Сквозное протоколирование

Фиксация всех [существенных] событий во всех компонентах системы.

Необходимо для ретроспективного анализа работы компонент системы, с их последующей доработкой. ... Для «проработки» персонала в том числе)))

Синхронное функционирование

Необходимо обеспечить работу всех процессорных устройств **в едином времени**.

Требуется для достоверизации информационного обмена между компонентами и для комплексного ретроспективного анализа, по протоколам, чтобы можно было **уточнять модель объекта управления и дорабатывать систему**.

Примеры

- 1) Синхронная генерация: единое время с точностью не менее 1 миллисекунды.
- 2) Теплоэнергетика: рассинхронизация времени – не более 50 миллисекунд.
- 3) Игнорируются все пакеты, доставленные по сети за время, большее 0,5 секунды.

Требования к АСУ ТП

Метрологические требования

В любой АСУ ТП есть измерительные каналы.

Поэтому, по законам РФ (*Конституция + Законы + Нормативная документация*)

АСУ ТП – это поднадзорное средство измерения (*под надзором государства*).

Диагностика

Автоматическое определение всех критически важных неисправностей и (по возможности))) всех прочих неисправностей и отклонений, **извещение персонала**.

Автоматизированная проверка работоспособности всех компонент системы.

Ремонтопригодность

Точный автоматизированный поиск причин неисправностей (*в реальном времени*).

Быстрая и удобная «горячая замена» составных частей (без остановки процессов).

«Безударный» (без ущерба) перезапуск выведенных из работы узлов системы.

Комплексная АСУ ТП (сложная система) практически всегда работает, как поврежденная.

Основная задача инженеров по оперативному обслуживанию такой системы –

предельно снизить риск образования цепочек отказов: как можно быстрее обнаруживать постоянно возникающие отдельные сбои (неисправности) и оперативно (в реальном времени) устранять их причины.

Требования к АСУ ТП

Обеспечение сопровождения системы

Генерация отчетов

Ретроспективный анализ *(разбор ситуаций)*

Изменение настроек управляющих программ

Оперативное обслуживание

Проверка работоспособности

Поиск причин неисправностей

Восстановление работоспособности

Наладка после восстановления работоспособности

Системное обслуживание

Резервное копирование данных и программных средств

Восстановление данных и программных средств

Метрологическое обслуживание

Калибровка измерительных каналов *(выполняется персоналом)*

Поверка измерительных каналов *(выполняется государственными людьми)*

Доработка программного обеспечения

Требования к АСУ ТП

Компоновка и размещение

Оптимизация кабельных трасс и размещения оборудования.

Возможная экономия: километры кабельной продукции, тонны меди.

Использование унаследованного оборудования

Оборудование, ранее задействованное в технологическом процессе, может использоваться после модернизации (реконструкции).

Количество и стоимость унаследованного оборудования могут быть значительными.

Пример: Котлоагрегат и паровая турбина на энергоблоке ТЭЦ. Поставлены с системой контроля и управления (СКУ), без компьютеров. Требуется заменить СКУ на АСУ ТП (с компьютерами).

Безударное освоение системы персоналом

Освоение вместо внедрения

Внедрение: насильственное проникновение инородного тела в сопротивляющуюся среду.

Освоение – от слова «освоиться».

Понять – это на 90% привыкнуть ... и начать доверять.

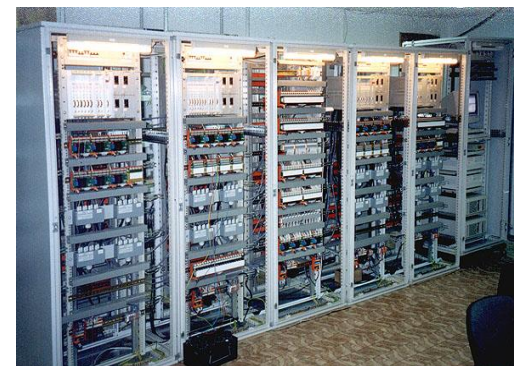
Минимизация новых требований к персоналу

Максимально возможное сохранение «старого» персонала, максимальное использование его знаний, умений и навыков.

Требования к АСУ ТП

Возможность работы в «теневом» режиме

Одновременная эксплуатация установленной на объекте системы управления (СКУ) и вновь созданной АСУ ТП, работающей в режиме «только ввод и никакого управления». Для проверки реализованных решений в условиях реальной эксплуатации и *для «безударной» адаптации персонала к новой системе.*



Требования к АСУ ТП

Реальные сроки создания)))

Учет особенностей всех этапов жизненного цикла)))))

Оптимальная стоимость

!!!!

???

основной показатель

Стоимость канала

по честному

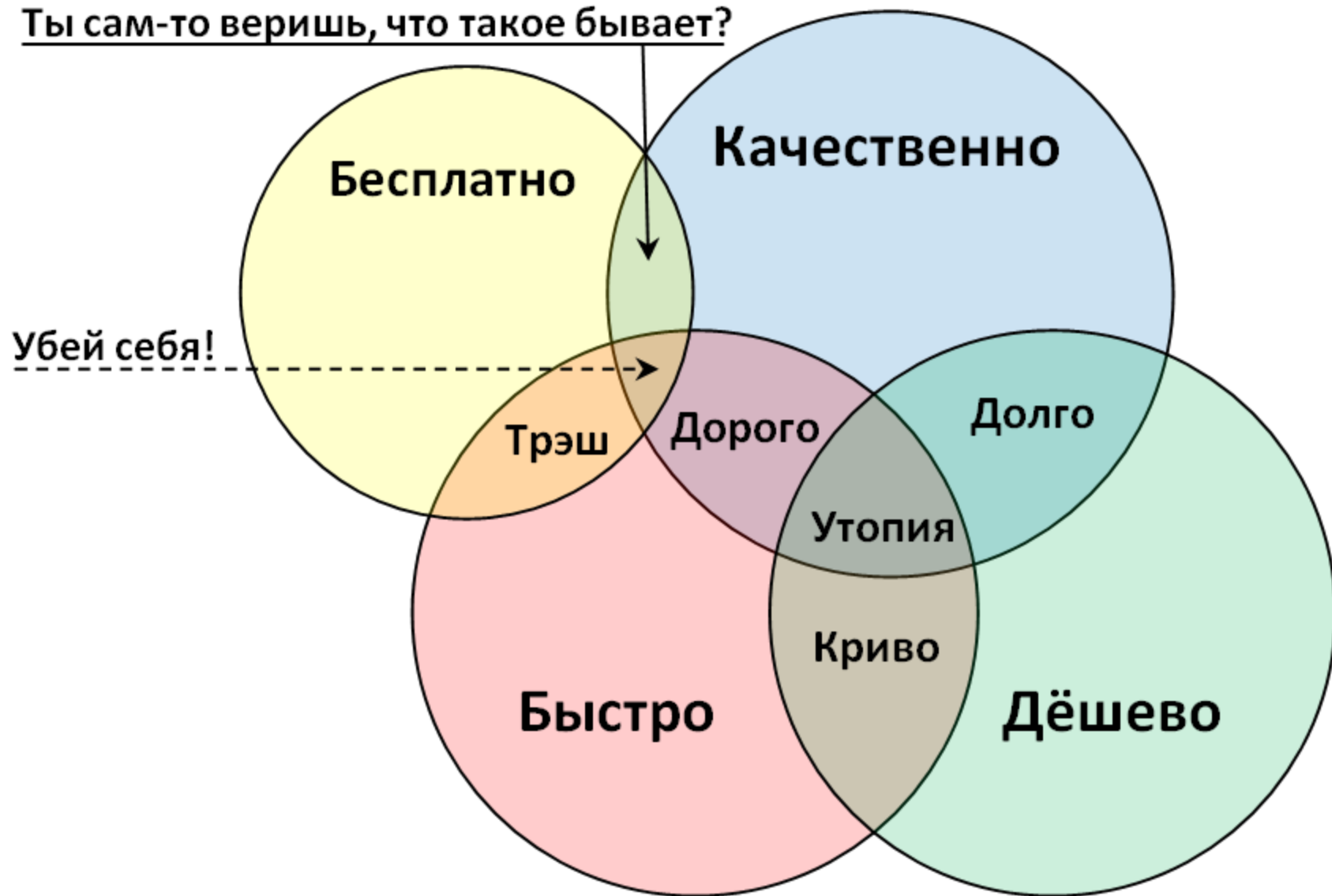
{Полная стоимость} : {Количество каналов}

для тендера (лукаво)

{Стоимость контракта} : {Количество каналов}

Памятка заказчика

Ты сам-то веришь, что такое бывает?



Архитектура (Организация)

Мы выбираем конкретную архитектуру системы потому, что, на данный момент, не можем по другому организовать наиболее успешную работу данной системы



Извините! Лучше не можем!..

Не терять чувство реальности.

Создание, эксплуатация и демонтаж системы должны быть осуществимы

Инерция предметной области

Мысленный эксперимент. Любые совпадения случайны!

По краям клетки расположены и пополняются кормушки с *повседневным* кормом.

Посередине клетки прочно закреплена длинная лестница, с которой можно достать подвешенную над ней гроздь бананов (*вкусно, но висит высоко, долго добираться*).

На потолке клетки смонтирована система, обеспечивающая при включении *обильный полив всей клетки ледяной водой, с ну очень интенсивным проливом всей лестницы*.

Помещаем в клетку четыре обезьяны, не меньше. Но и не больше семи. *Иначе будет толпа!*

Как только любая из обезьян начинает лезть за бананами и стоит уже на 4-5-й ступеньке, включаем систему полива. Активиста смывает. *Все обезьяны мокрые, продрогшие и злые.*

Дожидаемся, пока ни одна из обезьян не пытается добраться до бананов. *Полный игнор.*

Отключаем систему полива.

Но участники эксперимента об этом, увы, не осведомлены.

Заменяем одного из находящихся в клетке участников на новенького. **«Само собой»**

при попытках новичка добраться до бананов его стаскивают с лестницы и бьют.

Дожидаемся, пока новичок прекращает попытки добраться до бананов. *Приобщение к игнору.*

Заменяем на новенького еще одного участника из тех, кого поливали ледяной водой.

При попытках добраться до бананов новичка бьют все остальные, без исключения.

Дожидаемся, пока новичок *перестает замечать бананы* (еда-то есть, пусть и обычная).

По очереди заменяем на новеньких всех, кого когда-то раньше поливали водой.

Итог: Никого в клетке никогда не поливали водой, «карающую длань» давно убрали, но **бананы никто не замечает. Почему? Да потому, что здесь так принято!**



Инерция предметной области

Таковы все умные люди, они так умны и опытни, что в точности знают, почему нельзя сделать того-то и того-то, видят пределы и препятствия. Поэтому я никогда не беру службу чистокровного специалиста. Если бы я хотел убить конкурентов нечестными средствами, я предоставил бы им полчища специалистов. Получив массу хороших советов, мои конкуренты не могли бы приступить к работе.

Генри Форд.

Моя жизнь, мои достижения.

Начало 20 века

NB1. Чтобы получить должность инженера в компании Форда, надо было в обязательном порядке поработать на конвейере. Сначала простым сборщиком. Затем, если получится, мастером.

NB2. Офицерский корпус в германской армии традиционно формировался исключительно из толковых солдат, которые дослужились до сержантов. Обучение офицеров проводилось непосредственно в войсках, а не в академиях.

NB3. Все сотрудники Института физических проблем (Москва), организованным Петром Леонидовичем Капицей (учеником Резерфорда), регулярно работали на подшефных промышленных производствах в качестве консультантов. Ландау в том числе.

Слом инерции предметной области

Анекдот.

Любые совпадения случайны!

Северная Америка.

Дикий Запад.

Времена фронта.

Захолустный городишко.

Единственный в окрестности убогий салун.

Рядом со стойкой салуна стоит ободранное пианино.

Над пианино высоко на стене висит большой плакат:

Не стреляйте в пианиста!

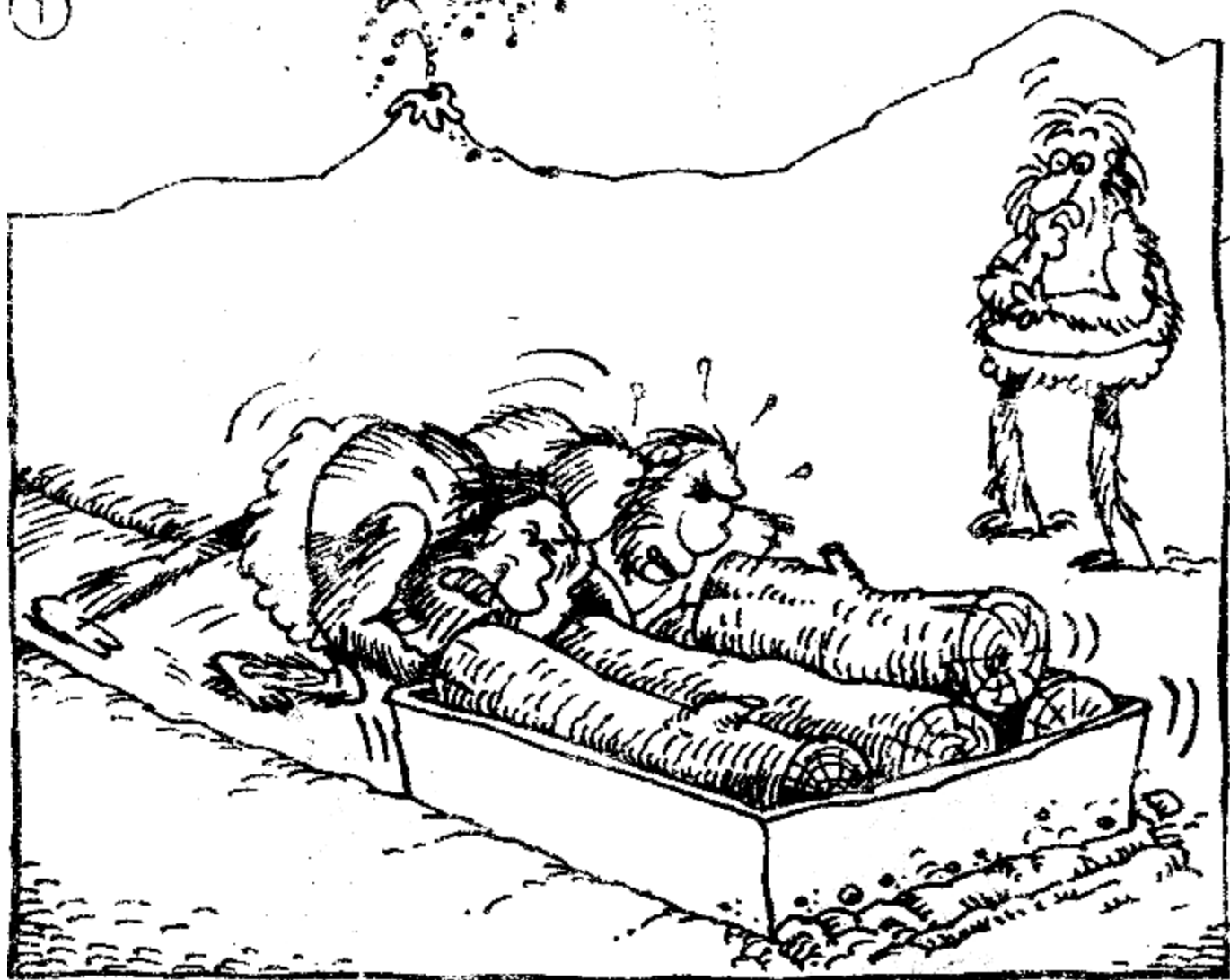
Он играет, как умеет!

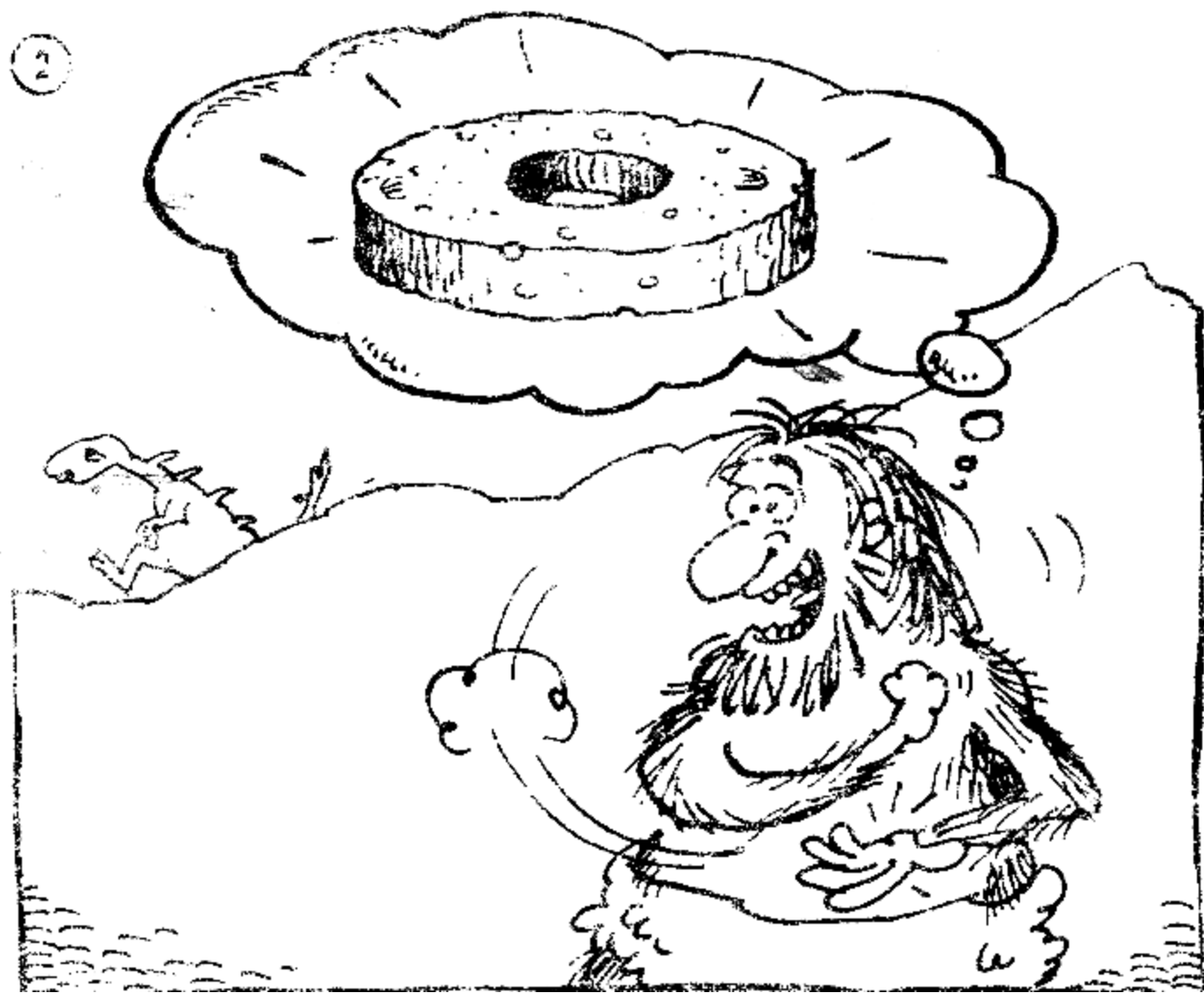
Буквы очень крупные, плакат заметен отовсюду.

Случайный посетитель спрашивает у бармена: «А где ваш пианист?»

Бармен хмуро отвечает: «Вчера к нам зашел проезжий ковбой. Неграмотный...»

①





3

